

工业废水处理

1

2017.3

主要内容

2

- 一、工业废水处理概论
- 二、工业废水的物理处理
- 三、工业废水的化学处理
- 四、工业废水的物理化学处理
- 五、工业废水的生物处理

第一部分、工业废水处理概论

3

一、工业废水的含义和分类

- 定义：指工业企业各行业中生产过程中产生和排放的废水。
- 包括：生产污水（包括生活污水）和生产废水两大类。

- 生产污水：指在生产过程中所形成的，被有机或无机性生产废料所污染的废水（包括温度过高而造成热污染的工业废水）。
- 生产废水指在生产过程中形成的，但未直接参与生产工艺，只起辅助作用，未被污染物污染或污染很轻的水。（如冷却水）

二、工业废水的分类、种类、指标

5

(一) 分类

- 1, 按行业：冶金、造纸、纺织、印染等。
- 2, 按工业废水中主要污染物分：
无机废水（电镀、矿物加工）
有机废水（食品加工）
- 3, 按废水中污染物的主要成分：
酸性、碱性、含酚等

还可以根据处理难易程度和危害性分：

- (1) 易处理危害性小的废水
- (2) 易生物降解无明显毒性的废水
- (3) 难生物降解又有毒性的废水。

(二) 工业废水造成环境污染的种类

7

- 含无毒物质的有机废水和无机废水的污染；
- 含有毒物质的有机废水和无机废水的污染；
- 含有大量不溶性悬浮物废水的污染；
- 含油废水产生的污染；
- 含高浊度和高色度废水产生的污染；
- 酸性和碱性废水产生的污染；
- 含有多种污染物质废水产生的污染；
- 含有氮、磷等工业废水产生的污染。

(三) 造成水体污染的水质指标

8

国际通用三大类指标：

- 物理性指标
- 化学性指标
- 生物性指标

化学性指标

生化需氧量 (BOD)

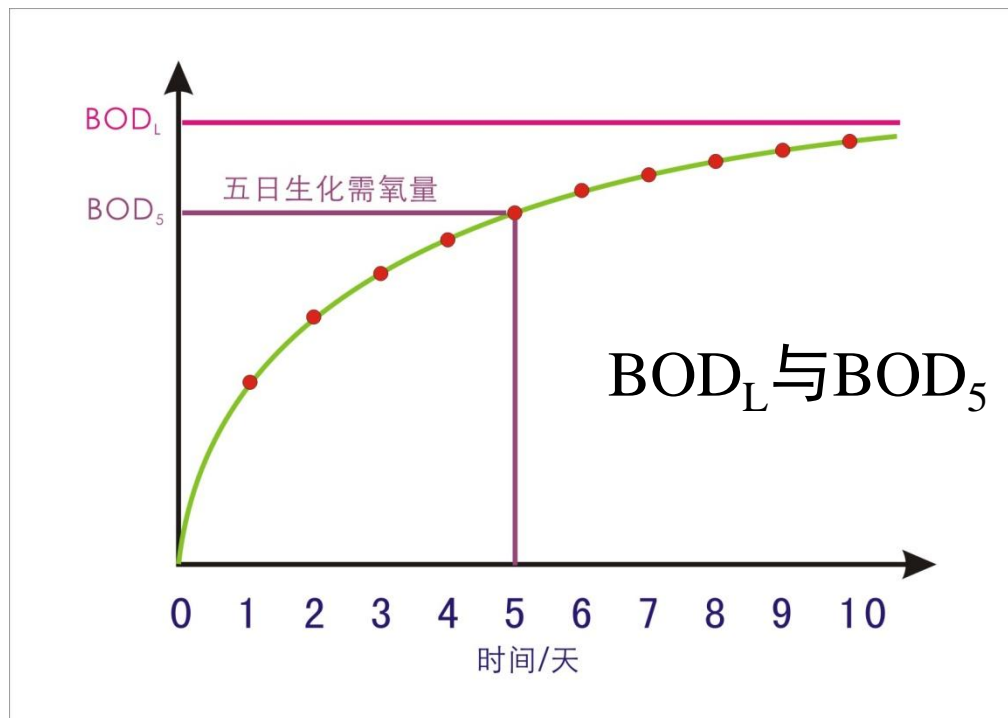
有

- BOD: biological oxygen demand
- 在规定条件下微生物氧化分解污水或受污染的天然水样中有机物所需要的氧量 (20°C, 5d)。

机

物

- 反映了在有氧的条件下，水中可生物降解的有机物的量主要污染特性 (以mg/L为单位)。
- 有机污染物被好氧微生物氧化分解的过程，一般可分为两个阶段：第一个阶段主要是有机物被转化成二氧化碳、水和氨；第二阶段主要是氨被转化为亚硝酸盐和硝酸盐。
- 污水的生化需氧量通常只指第一阶段有机物生物氧化所需的氧量，全部生物氧化需要20~100d完成。
- 实际中，常以5d作为测定生化需氧量的标准时间，称5日生化需氧量 (BOD₅)；通常以20°C为测定的标准温度。



BOD_L 与 BOD_5

化学性指标

化学需氧量 (COD)

COD: chemical oxygen demand

· 用化学方法氧化分解废水水样中有机物过程中所消耗的氧化剂量折合成氧量 (O_2) (mg/L)。

有

机

物

- 常用的氧化剂主要是重铬酸钾 $K_2Cr_2O_7$ (称 COD_{Cr}) 和高锰酸钾 $KMnO_4$ (称 COD_{Mn} 或 OC)。
- 酸性条件下, 硫酸银作为催化剂, 氧化性最强。
- 废水中无机的还原性物质同样被氧化。
- 如果废水中有机物的组成相对稳定, 则化学需氧量和生化需氧量之间应有一定的比例关系: 生活污水通常在 0.4~0.5。

化学性指标

总有机碳 (TOC) 和总需氧量 (TOD)

有

■ TOC: total organism carbon

■ 在 950°C 高温下, 以铂作为催化剂, 使水样气化燃烧, 然后测定气体中的 CO_2 含量, 从而确定水样中碳元素总量。

■ 测定中应该去除无机碳的含量。

机

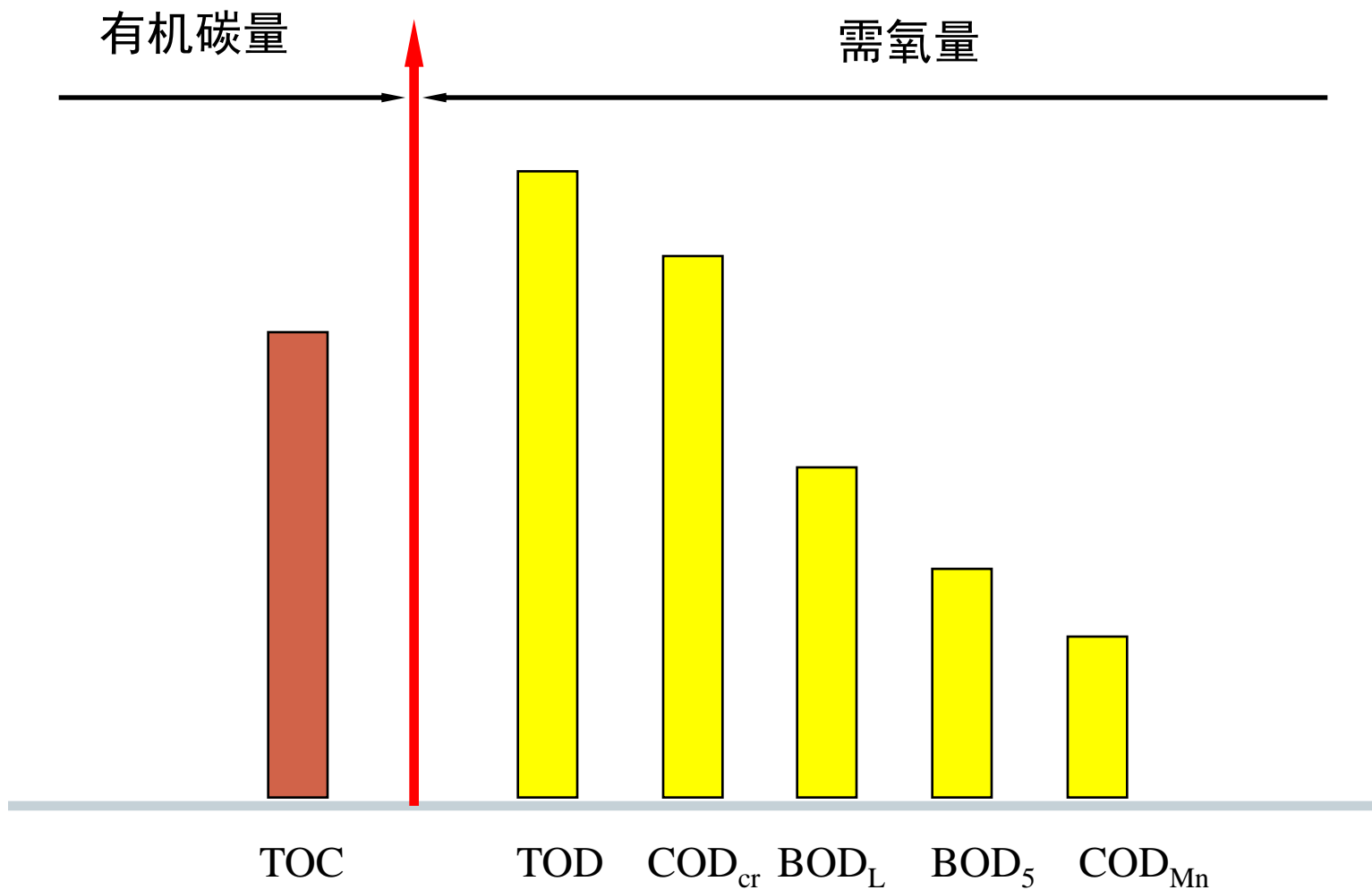
■ TOD: total oxygen demand

■ 在 $900\sim 950^{\circ}\text{C}$ 高温下, 将污水中能被氧化的物质 (主要是有机物, 包括难分解的有机物及部分无机还原物质), 燃烧氧化成稳定的氧化物后, 测量载气中氧的减少量, 称为总需氧量 (TOD)。

■ TOD测定方便而快速。

物

■ 各种水质之间TOC或TOD与BOD不存在固定的相关关系。在水质条件基本不变的条件下, BOD与TOC或TOD之间存在一定的相关关系。



污水有机物指标之间的关系

化学性指标

油类污染物

有
机
物

■石油类：来源于工业含油污水。

■动植物油脂：产生于人的生活过程和食品工业。

■油类污染物进入水体后影响水生生物的生长、降低水体的资源价值。

■油膜覆盖水面阻碍水的蒸发，影响大气和水体的热交换。

■油类污染物进入海洋，改变海水的反射率和减少进入海洋表层的日光辐射，对局部地区的水文气象条件可能产生一定影响。

■大面积油膜将阻碍大气中的氧进入水体，从而降低水体的自净能力。

■石油污染对幼鱼和鱼卵的危害很大，堵塞鱼的鳃部，能使鱼虾类产生石油臭味，降低水产品的食用价值。

■破坏风景区，危害鸟类生活。

化学性指标

酚类污染物

有

机

物

- 酚污染来源：煤气、焦化、石油化工、木材加工、合成树脂等工业废水。
- 原生质毒物，可使蛋白质凝固，引起神经系统中毒。
- 酚浓度低时，能影响鱼类的洄游繁殖。
- 酚浓度达 $0.1\sim 0.2\text{mg/L}$ 时，鱼肉有酚味。
- 酚浓度高会引起鱼类大量死亡，甚至绝迹。
- 酚的毒性可抑制水中微生物的自然生长速度，有时甚至使其停止生长。
- 酚能与饮用水消毒氯产生氯酚，具有强烈异臭（ 0.001mg/L 即有异味，排放标准 0.5mg/L ）。
- 灌溉用水酚浓度超过 5mg/L 时，农作物减产甚至枯死。

化学性指标

无机性指标

植物营养元素

过多的氮、磷进入天然水体，易导致富营养化，使水生植物尤其是藻类大量繁殖，造成水中溶解氧急剧变化，影响鱼类生存，并可能使某些湖泊由贫营养湖发展为沼泽和干地。

pH和碱度

一般要求处理后污水的pH在6~9之间。当天然水体遭受酸碱污染时，pH发生变化，消灭或抑制水体中生物的生长，妨碍水体自净，还可腐蚀船舶。

碱度指水中能与强酸定量作用的物质总量，按离子状态可分为三类：氢氧化物碱度；碳酸盐碱度；重碳酸盐碱度。

重金属

作为微量金属元素。

重金属的主要危害：生物毒性，抑制微生物生长，使蛋白质凝固；逐级富集至人体，影响人体健康。

生物性指标

来源及危害

生活污水：肠道传染病、肝炎病毒、SARS、寄生虫卵等
制革屠宰等工业废水：炭疽杆菌、钩端螺旋体等
医院污水：各种病原体
危害：传播疾病，影响卫生，导致水体缺氧

细菌总数

水中细菌总数反映了水体有机污染程度和受细菌污染的程度。
常以细菌个数/mL计。
饮用水：<100个/mL
医院排水：<500个/mL

大肠菌群

大肠菌群的值可表明水样被粪便污染的程度，间接表明有肠道病菌存在的可能性。
常以大肠菌群数/L计。
饮用水：<3个/L
城市排水：<10000个/L
游泳池：<1000个/L

三.控制工业废水污染源的基本途径

18

1, 减少废水排出量:

- ✦ 废水进行分流;
- ✦ 节约用水;
- ✦ 改革生产工艺;
- ✦ 避免间断排出工业废水。

2, 降低废水污染物的浓度:

- ✦ 改革生产工艺, 尽量采用不产生污染物的工艺;
- ✦ 改进装置的结构和性能;
- ✦ 废水进行分流;
- ✦ 废水进行均和;
- ✦ 回收有用物质;
- ✦ 排出系统的控制 (废水浓度超过规定, 停止)

四. 废水的排放标准

20

(1) 国家标准：《污水综合排放标准》GB8978-1996

适用范围：适用于现有单位水污染物的排放管理，以及建设项目的环境影响评价、建设项目环境保护设施设计、竣工验收及其投产后的排放管理。

按照国家综合排放标准与国家行业排放标准不交叉执行的原则，除以下的工业水外，其他水污染物排放均执行本标准。新增国家行业水污染物排放标准的行业，按其适用范围执行相应的国家水污染物行业标准，不再执行本标准。

除以下专项标准外：

- 《造纸工业水污染物排放标准》 GB3544-92
- 《船舶污染物排放标准》 GB3552-83
- 《船舶工业污染物排放标准》 GB4286-84
- 《海洋石油开发工业含油污水排放标准》 GB4914-85
- 《肉类加工工业水污染物排放标准》 GB13457-92
- 《合成氨工业水污染物排放标准》 GB13458-92
- 《钢铁工业水污染物排放标准》 GB13456-92
- 《航天推进剂水污染物排放标准》 GB14374-93
- 《磷肥工业水污染物排放标准》 GB15580-95
- 《烧碱、聚氯乙烯工业水污染物排放标准》 GB15581-95

- 污染物其性质与控制方式分为：

第一类污染物：指总汞、烷基汞、总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅、总镍、苯并（ α ）芘、总铍、总银、总 α 放射性和 β 放射性等毒性大、影响长远的有毒物质。

第二类污染物：指pH值、色度、悬浮物、 BOD_5 、COD、石油类等。

表1-1 第一类污染物最高允许排放浓度 (mg/L)

污染物	最高允许排放浓度	污染物	最高允许排放浓度	污染物	最高允许排放浓度
1 总汞	0.05 ^①	4 总铬	1.5	7 总铅	1.0
2 烷基苯	不得检出	5 六价铬	0.5	8 总镍	1.0
3 总镉	0.1	6 总砷	0.5	9 苯并(a)比 ^②	0.00003

①烧碱行业（新扩建、改建企业）采用0.005mg/L。

②为试行标准、二级、三级标准区暂不考虑。

表1-2 第二类污染物最高允许排放浓度 (mg/L)

标准分级	一级标准		二级标准		三级标准
	新扩改	现 有	新扩改	现 有	
1 pH值	6~9	6~9	6~9	6~9 ^①	6~9
2 色度	50	80	80	100	400
3 悬浮物	70	100	200	250 ^②	300 ^③
4 BOD ₅	30	60	60	80	500 ^③
5 COD	100	150	150	200	30
6 石油类	10	15	10	20	100
7 动植物由	20	30	20	40	2.0
8 挥发酚	0.5	1.5	0.5	1.0	1.0
9 氰化物	0.5	0.5	0.5	0.5	2.0
10 硫化物	1.0	1.0	1.0	2.0	20
11 氨氮	15	25	25	40	5.0
12 氟化物	10	15	10、20 ^④	15、30 ^④	5.0
13 磷酸盐(以P计) ^⑤	0.5	1.0	1.0	2.0	20
14 甲醛	1.0	2.0	2.0	3.0	2.0
15 苯胺类	2.0	3.0	3.0	5.0	5.0
16 硝基苯类	5.0	10	10	15	
17 LAS	0.5	0.5	1.0	1.0	
18 铜	2.0	2.0	4.0	5.0	
19 锌	2.0	5.0	2.0 ^⑥	5.0 ^⑥	
20 锰					

浓度标准：不论受纳水体的大小和状况，不论污染源的大小，都采取统一标准。因此即使满足排放，如果排放总量大大超过受纳水体的环境容量，也会对水体造成不可逆的严重后果。此外，浓度标准也无法防止某些工厂用清水稀释来降低排放浓度以满足排放标准的现象。

总量控制标准：根据一定范围内的水体环境容量和自净能力，计算出允许排入该水域的污染物总量，然后再根据一定的原则，将这些允许的总量合理地分配给区内的各污染源。

(2) 部级标准《污水排入城市下水道水质标准》 CJ1886

- A、严禁排入腐蚀下水道设施的污水；
- B、严禁向城市下水道倾倒垃圾、积雪、粪便、工业废渣和排放易于凝集堵塞下水道的物质；
- C、严禁向城市下水道排放剧毒物质（氰化物）、易燃、易爆物质（汽油、醚类等）和有害气体；
- D、医疗卫生、生物制品、科学研究、肉类加工等含有病原体的污水，必须经过严格消毒处理，除遵守本标准外，还必须按有关专业标准执行；
- E、放射性污水向城市下水道排放，除遵守本标准外，还必须按《放射防护规定（内部执行）》（GBJ8-74）执行
- F、水质超过本标准的污水，不得用稀释法降低其浓度，排入城市下水道。

(3) 国家标准《农田灌溉水质标准》(GB5084-92)

27

适用范围：适用于全国以地面水、地下水和处理后的城市污水及与城市污水水质相近的工业废水作为水源的农田灌溉用水，不适用于医药、生物制品、化学试剂、农药、石油炼制、焦化和有机化工等处理后的废水进行灌溉。

废水排入渔业水体时应符合《渔业水质标准》(试行1979-03发布)；

废水排入海洋时应符合《海水水质标准》(GB3097-83)。

中华人民共和国地表水环境质量标准 GB3838-2002

依据地表水水域环境功能和保护目标，按功能高低划分为5类：

I类 主要适用于源头水，国家自然保护区；

II类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的梭饵场等；

III类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区；

IV类 主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区；

V类 主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。

本标准适用于中华人民共和国领域内江河、湖泊、运河、渠道、水库等具有使用功能的地表水水域

五、工业废水处理方法概述

1. 废水处理方法

废水处理方法按对污染物实施的作用不同，大体上可分为两类：一类是通过各种外力作用，把有害物从废水中分离出来，称为分离法。另一类是通过化学或生化的作用，使其转化为无害的物质或可分离的物质。后者再经过分离予以除去，称为转化法。

习惯上也按处理原理不同，将处理方法分为物理法、化学法、物理化学法和生物化学法四类。

1) 分离法

废水中的污染物有各种存在形式，大致有离子态、分子态、胶体和悬浮物多样性和污染物特性的各异性，决定了分离方法的多样性。

污染物存在形式	分离方法
离子态	离子交换法、电解法、电渗析法、离子吸附法、离子浮选法
分子态	萃取法、结晶法、精馏法、吸附法、浮选法、反渗透法、蒸发法
胶体	混凝法、气浮法、吸附法、过滤法
悬浮物	重力分离法、离心分离法、磁力分离法、筛选法、气浮法

2、转化法

转化法可分为化学转化和生化转化两类。

方法原理	转化方法
化学转化	中和法、氧化还原法、化学沉淀法、电化学法
生化转化	活性污泥法、生物膜法、厌氧生物处理法、生物塘等

废水中的污染物组成相当复杂，往往需要采用几种方法的组合流程，才能达到处理要求。对于某种废水，采用哪几方法组合，要根据废水的水质、水量，回收其中有用物质的可能性，经过技术和经济的比较后才能决定，必要时还需进行试验。

现代废水处理技术，按处理程度划分，可分为一级、二级和三级处理。

- 一级处理，主要去除废水中悬浮固体和漂浮物质，同时还通过中和或均衡等预顶处理对废水进行调节以便排入接纳水体或二级处理装置。主要包括筛滤、沉淀等物理处理法。经过一级处理后，废水的BOD一般只去除30%左右，达不到排放标准，仍需进行二级处理。
- 二级处理，主要去除废水中呈胶体和溶解状态的有机污染物质主要采用生物处理等方法，BOD去除率可达90%以上，处理水可以达标排放。
- 三级处理，是在一级、二级处理的基础上，对难降解的有机物、磷、氮等营养性物质进一步处理。采用的方法可能有混凝、过滤、离子交换、反渗透、超滤、消毒等。

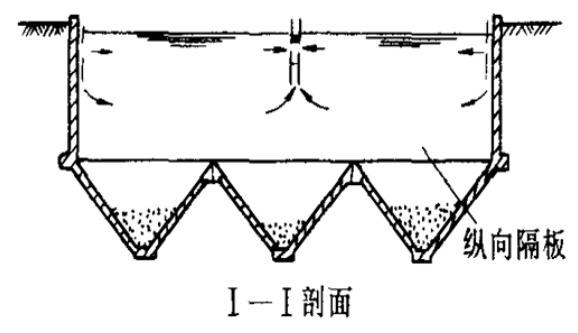
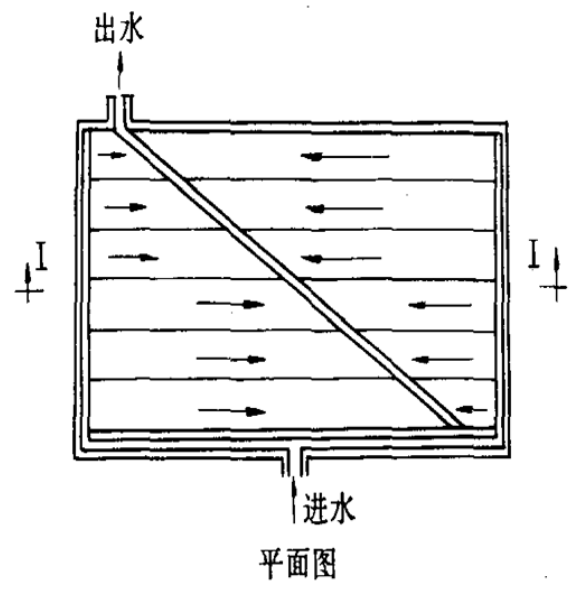
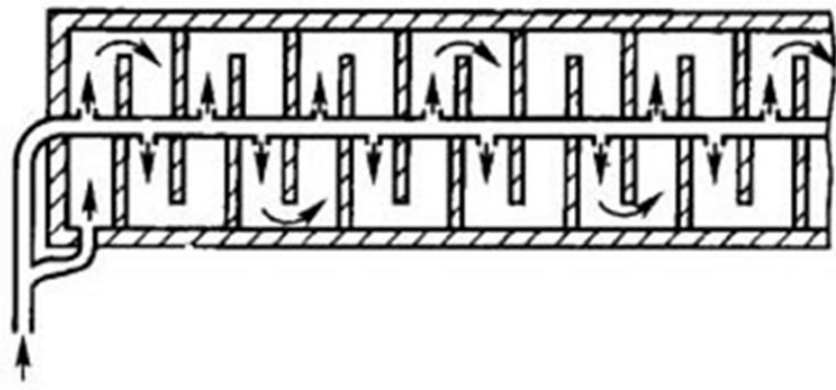
第二部分、工业废水的物理处理

一、调节池

1.调节池的类型

(1) 均量池——均化水量；实际是一座变水位的贮水池，来水为重力流，出水用泵抽。池中最高水位不高于进水管的设计水位，水深一般为2米左右，最低水位为死水位。

(2) 均质池——均化水质；均化池中水流每一质点的流程则由短到长，都不相同，再结合进出水槽的配合布置，使前后时程的水得以相互混合，取得随机均质的效果。



- (3) 均化池——既均量，有均质；在池中设置搅拌装置，出水泵的流量用仪表控制。如采用表面曝气机或鼓风曝气时，除可使悬浮物不致沉淀和出现厌氧情况外，还可以有预曝气的作用，能改进初沉效果，减轻曝气池负荷。
- (4) 间歇式均化池——当废水水量规模较小时，可设间歇式贮水池，即间歇贮水、间歇运行的均化池，池可分为两或三格，交替使用。池中设搅拌装置。这种池型效果最好。
- (5) 事故池——为防止水质出现恶性事故，或发生破坏污水处理厂运行的事故时，设置所谓事故池，贮留事故排水，这是一种变相的均化池。事故池的进水阀门一般是自动控制，否则无法及时发现事故。这种池平时保证泄空备用。

二、离心分离

1. 离心分离原理

定义：利用高速旋转的物体产生的离心力场以分离废水中的悬浮固体的处理方法。

原理：是利用快速旋转所产生的离心力使含有悬浮固体（或乳状油）的废水进行高速旋转，由于悬浮固体和废水的质量不同，因而所受到的离心力也将不同，质量大的悬浮固体，被甩到废水的外侧，质量轻的作向心运动，集中于离心设备最里面。

当离心分离设备中分离颗粒密度大于介质密度时，分离颗粒被沉除在离心设备的最外侧；而当颗粒密度小于介质密度时，分离颗粒被“浮上”在离心设备最里面，因此离心设备包括离心沉降和离心浮上两种。

2. 离心分离设备

(1) 离心机

是依靠一个可以随转动的圆筒（又称转鼓），在外借传动设备驱动下产生高速旋转，其中液体也随同旋转，由于其中不同密度的组分产生不同的离心力，从而达到分离的目的。

离心机设备紧凑、效率高，但设备复杂，只适用于处理小批量的废水、污泥脱水、很难用一般过滤法处理的废水和分离回收废水中的有用物质，如从洗羊毛废水中回收羊毛脂。

离心机脱水的一般效果见下表。

离心机脱水的一般效果

污泥种类	原污泥干固体 浓度%	分离液悬物 浓度%	泥饼干固体 浓度%	固体回 收率%	预处理
初次沉淀污泥	3.83	0.49	35.0	88.0	不需要
初次沉淀与活性污泥混合	3.61	0.06	20.0	98.2	化学调节
初次沉淀与活性污泥混合	4.6	0.25	41.3	95.5	热处理
初次沉淀与腐殖污泥混合	9.57	0.05	22.9	99.2	化学调节
初次沉淀与腐殖污泥混合	4.8	0.08	58.2	98.4	热处理
初次沉淀经消化	8.8	1.44	30.0	88.0	不需要
初次沉淀与活性污泥经消化	3.5	0.30	20.0	93.0	化学调节
初次沉淀与腐殖污泥经消化	2.79	0.44	22.0	86.0	化学调节
初次沉淀与腐殖污泥经消化	8.5	1.15	37.9	89.0	化学调节
活性污泥	2.19	0.55	19.6	74.2	化学调节
活性污泥	8.2	0.84	38.8	92.0	热处理

(2) 水力旋流器

水力旋流器有压力式和重力式两种。

压力式水力旋流器是含悬浮物的废水在水泵或其他外加压力的作用下，以切线方向进入旋流器后发生高速旋转，在离心力作用下，固体颗粒物被抛向器壁，并随旋流下降到锥形底部出口。澄清后的废水或含有较细微粒的废水，则形成螺旋上升的内层旋流，由上端中央溢流管排出。

重力式水力旋流器是水流在分离器内的旋转靠进出口的水位差压力。废水从切线方向进入器内，造成旋流，在离心力和重力作用下，悬浮颗粒甩向器壁并向器底水池集中，随时水得到净化。

主要应用于废水的澄清和浓缩处理，以及高浊度河水的预处理，以代替庞大的预沉池。

三 除油

40

1. 除油

(1) 含油废水的来源

含油废水主要来源于石油、石油化工、钢铁、焦化、煤气发生站、机械加工等工业企业。肉类加工、牛奶加工、洗衣房、汽车修理车间等废水中都含有很高的油、油脂。在一般的生活污水中，油脂占总有机质的10%，每人每天产生的油脂可按0.015kg估算。

含油废水的来源

纺织工业中的洗毛废水

轻工业中的制革废水

石油开采及加工工业

铁路及交通运输工业

屠宰及食品加工

固体燃料热加工

机械工业中车削工艺中的乳化液

石油开采

石油炼制

石油化工

焦化含油废水

生产的油水分离过程,油品、设备的洗涤、冲洗过程

- ④ 带水原油的分离水
- ④ 钻井提钻时的设备冲洗水
- ④ 井场及油罐区的地面降水

- ④ 焦炉气的冷凝水
- ④ 洗煤气水
- ④ 各种储罐的排水

(2) 废水中的油类的分类

- 浮油：油珠粒径较大，一般大于 $100\ \mu\text{m}$ ，易浮于水面，形成油膜或油层；
- 分散油：油珠粒径一般为 $10\text{—}100\ \mu\text{m}$ ，以微小油珠悬浮于水中，不稳定，静置一定时间后往往形成浮油；
- 乳化油：油珠粒径小于 $10\ \mu\text{m}$ ；一般为 $0.1\text{—}2\ \mu\text{m}$ ，往往因水中含有表面活性剂使油珠成为稳定的乳化液；
- 溶解油：油珠粒径比乳化油还小，有的可小到几 nm ，是溶于水的油微粒。

(3) 除油装置

隔油池：是利用油类自然上浮法分离、去除含油废水中可浮油。常用的有平流隔油池、平板式隔油池和斜板隔油池。各自的特性见下表

平流式、平板式和倾斜板式隔油池的特性比较

项目	平流式	平板式	倾斜板式
除油效率%	60~70	70~80	70~80
占地面积(处理量相同时)	1		1/3~1/4
可能除去的最小油滴粒径 μm	100—150	60	60
最小油滴的浮上速度 mm/s	0.9	0.2	0.2
分离油的去除方式	刮板及集油管集油	利用压差自动流入管内	集油管集油
泥渣除去方式	刮泥机将泥渣集中到泥渣斗	用移动式的吸泥软管或刮泥设备排除	重力排泥
平行板的清洗	没有	定期清洗	定期清洗
防火防臭措施	浮油与大气相通, 有着火危险, 臭气散发	表面为清水, 不易着火, 臭气也不多	有着火危险, 臭气比较少
附属设备	刮油刮泥机	卷扬机、清洗设备及装平行板用的单轨吊车	没有
基建费	低	高	较低

除油罐：可去除浮油和分散油。含油废水通过进水管配水室的配水支管和配水头流入除油罐内，在罐内废水自上而下缓慢流动，靠油水的密度差进行油水分离，分离出的废油浮至水面，然后流入集油槽，经过出油管流出。废水则经集水头、集水干管、中心柱管和出水总管流出罐外。

气浮除油：废水或一部分沉淀池出水用压缩空气加压到0.34—4.8MPa，使溶气达到饱和。当此被压缩过的气液混合物被置于正常大气压下的气浮设备中时，微小的气泡即从溶液中释放出来。油珠即可在这些小气泡作用下上浮，结果使这些物质附着在或包裹在絮状物中。气—固混合物上升到池表面，即被撇出。澄清的液体从气浮池的底部流出，其中一部分要循环流回至加压室。

(4) 污油的脱水

浮油的含油率一般为40%~50%。主要的油水分离方式有带式除油机、脱水罐等。

带式除油机有立式、卧式和倾斜式三种，污油含油率可达60~80%。

脱水罐有卧式、立式两种，污油含油率可达90%以上。

四、过滤

47

- 流体相对于固体颗粒床层运动而实现固液分离的过程称过滤。
- 过滤有表面过滤（滤饼过滤）和深层过滤两种方式
 - 滤饼过滤：固体堆积在滤材上并架桥形成滤饼层的过滤方式。
 - 深层过滤：指颗粒沉积在床层内部的孔道壁上而并不形成滤饼的过滤方式。

1 过滤的作用

- (1) 进一步去除废水二级处理后的生物絮体和胶体物质，显著降低出水的悬浮物含量和浊度，为出水的安全回用提供保证。
- (2) 进一步降低出水的BOD、COD值，对重金属、细菌、病毒有很高的去除率。
- (3) 去除化学絮凝过程产生的铁盐、铝盐、石灰等沉积物。
- (4) 在活性炭吸附或离子交换之前，作为预处理设施，可提高后续处理装置的安全性和处理效率。
- (5) 在深度处理厂中，过滤能克服生物和化学处理的不规则性，从而提高回用的连续性和可靠性。
- (6) 通过进一步去除废水中污染物质，可以减少后续的消毒费用。

2 废水过滤机理

过滤除去悬浮粒子的过程既有物理过程，也有化学过程。作用机理有：

- 阻力截留
- 迁移机理
- 附着机理
- 脱落的机理

1) 阻力截留

比滤层孔隙大的颗粒被机械筛分，截留于过滤表面上，然后这些被截留的颗粒形成孔隙更小的滤饼层，使过滤水头增加，甚至发生堵塞。这是一种机械作用。

2) 迁移机理(惯性、沉淀、布朗运动、水力作用)

- (1) 惯性 当流线绕过滤料表面时，具有较大动量和密度的颗粒因惯性冲击而脱离流线碰撞到滤料表面上。
- (2) 沉淀 如果悬浮物的粒径和密度较大，将存在一个沿重力方向的相对沉淀速度。在净重力作用下，颗粒偏离流线沉淀到滤料表面上。沉淀效率取决于颗粒沉速和过滤水速的相对大小和方向。此时，滤层中的每个小孔隙起着一个小浅层沉淀池的作用

(3) 布朗运动 对于微小悬浮颗粒（如 $d < 1 \mu\text{m}$ ），由于布朗运动而扩散到滤料表面。

(4) 水力作用 由于滤层中的孔隙和悬浮颗粒的形状是极不规则的，在不均匀的剪切流场中，颗粒受到不平衡力的作用不断地转动而偏离流线。

实际过滤中，悬浮颗粒的迁移将受到上述各机理的作用，它们的相对重要性取决于水流状况、滤层孔隙形状及颗粒本身的性质（粒度、形状、密度等）。

3)附着机理

附着作用是一种物理化学作用。当水中杂质颗粒迁移在滤料表面上，在范德华力和静电力的作用下，以及某些化学键和某些特殊的化学吸附力下，被粘附在滤料的表面或粘附在滤料表面上原来粘附的颗粒上。

附着作用主要决定于滤料和水中颗粒的表面物理化学性质。

4) 脱落机理

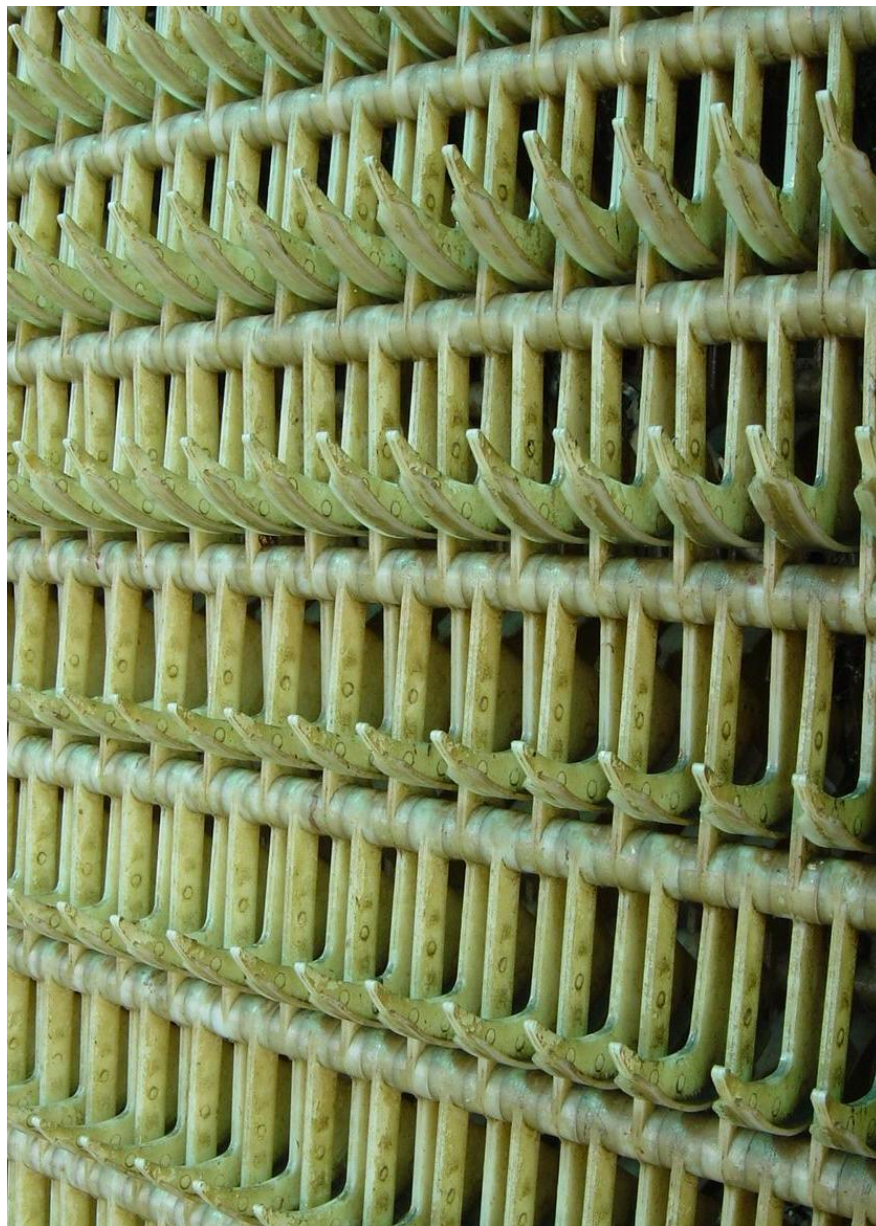
当固体颗粒与滤料表面的结合力较弱时，他们会从滤料颗粒表面脱落，这种脱落现象是过滤的逆过程。

脱落的原因有：截留和附着于滤料上的悬浮物受到高速反洗水的冲刷而脱落；滤料颗粒在水流中旋转，碰撞和摩擦，也使悬浮物脱落。

3 过滤方式

55

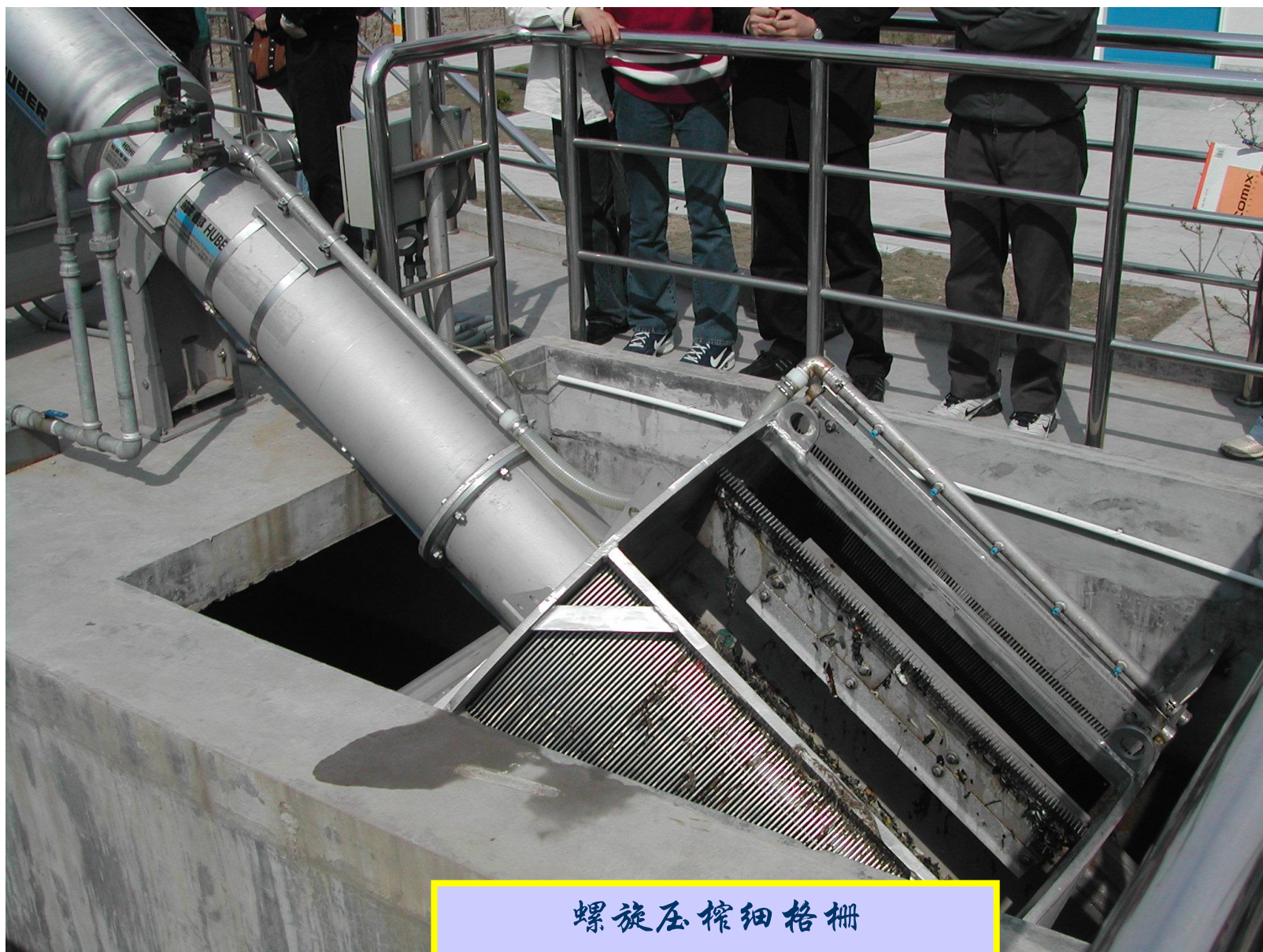
- 格栅和筛网
- 快滤池



XG型旋转式格栅除污机



回转式固液分离机



螺旋压榨细格栅

格栅的作用

格栅由一组（或多组）相平行的金属栅条与框架组成，倾斜安装在进水的渠道，或进水泵站集水井的进口处，以拦截污水中粗大的悬浮物及杂质。

作用：去除可能堵塞水泵机组及管道阀门的较粗大悬浮物，并保证后续处理设施能正常运行。

选用栅条间距的原则：
不堵塞水泵和水处理厂、站的处理设备。

格栅所截留的污染物数量与地区的情况、污水沟道系统的类型、污水流量以及栅条的间距等因素有关，可参考的一些数据：

④当栅条间距为16~25mm时，栅渣截留量为0.10~0.05m³/（10³m³污水）；

④当栅条间距为40mm左右时，栅渣截留量为0.03~0.01 m³/（10³m³污水）；

④栅渣的含水率约为80%，密度约为960kg/m³。

格栅的清渣方法

人工清除

与水平面倾角：
 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$

设计面积应采用较大的安全系数，一般不小于进水渠道面积的2倍，以免清渣过于频繁。

机械清除

与水平面倾角：
 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$

过水面积一般应不小于进水管渠的有效面积的1.2倍。

格栅栅条 断面形状

圆形



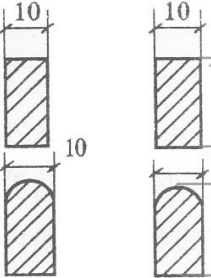
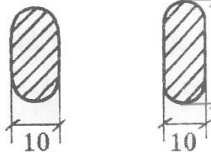
矩形

方形

圆形的水力条件较
方形好，但刚度较差
目前多采用断面形
状为**矩形**的栅条

过格栅渠道 的水流流速

污水过栅条 间距的流速

栅条断面形状	一般采用尺寸/mm
正方形	
圆形	
锐边矩形 迎水面为半圆的矩形	
迎水面背水面均为半圆形的矩形	

格栅栅条
断面形状

格栅渠道的宽度要设置得当，
应使水流保持适当流速

过格栅渠道
的水流流速

一方面泥沙不至于
沉积在沟渠底部

另一方面截留的污染
物又不至于冲过格栅

污水过栅条
间距的流速

通常采用 $0.4\sim 0.9\text{m/s}$

格栅栅条
断面形状

过格栅渠道
的水流流速

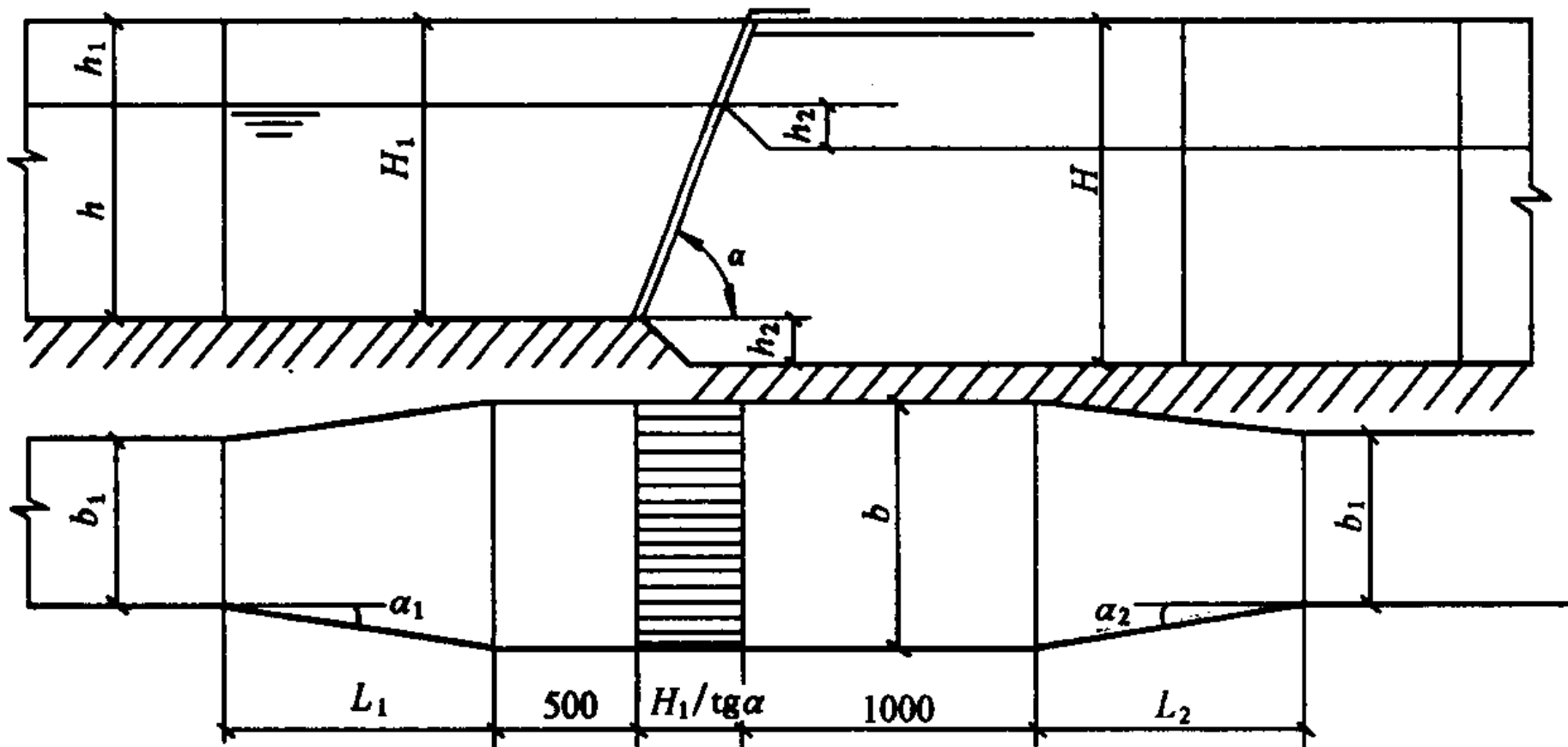
为防止栅条间隙堵塞，
一般采用 $0.6 \sim 1.0 \text{m/s}$

污水过栅条
间距的流速

最大流量时可高
于 $1.2 \sim 1.4 \text{m/s}$

渐扩 $\alpha = 20^\circ$;
沉底大于水头损失

格栅的设计与计算



格栅水力计算示意图

格栅的建筑尺寸

1. 格栅的间隙数量 n

$$n = q_{v\max} \cdot \sqrt{\sin \alpha} / (d \cdot h \cdot v)$$

式中：

$q_{v\max}$ ——最大设计流量， m^3/s ；

d ——栅条间距， m ；

h ——栅前水深， m ；

v ——污水流经格栅的速度，
 m/s ， $0.8-1.0m/s$ 。

2. 格栅的建筑宽度 b

$$B = s(n-1) + d \cdot n$$

式中： B ——格栅的建筑宽度；

s ——栅条宽度， m 。

3. 栅后槽的总高度 $h_{\text{总}}$

$$h_{\text{总}} = h + h_1 + h_2$$

式中： h ——栅前水深， m ；

h_2 ——格栅的水头损失， m ；

h_1 ——格栅前渠道超高，

一般 $h_1 = 0.3m$ 。

格栅的设计与计算

通过格栅的水头损失 h_2 的计算：

$$h_2 = h_0 \cdot k$$

$$h_0 = \xi \frac{v^2}{2g} \cdot \sin \alpha \cdot$$

式中： h_0 ——计算水头损失，m；

v ——污水流经格栅的速度，m/s；

ξ ——阻力系数，其值与栅条断面的几何形状有关；

α ——格栅的放置倾角；

g ——重力加速度，m/s²；

k ——考虑到格栅受污染物堵塞后阻力增大的系数，可用式：

$k=3.36v-1.32$ 求出，一般采用 $k=2-3$ 。

城市污水 h_2 一般取0.1~0.4m。

格栅的建筑设计尺寸

4. 格栅的总建筑长度 L

$$L = L_1 + L_2 + 1.0 + 0.5 + H_1 / \operatorname{tg} \alpha$$

式中： L_1 ——进水渠道渐宽部位的长度，m；

$$L_1 = \frac{B - b}{2 \operatorname{tg} \alpha_1}$$

其中： b ——进水渠道宽度m；

α_1 ——进水渠道渐宽部位的展开角度，一般 $\alpha_1 = 20^\circ$ ；

L_2 ——格栅槽与出水渠道连接处的渐窄部位的长度，一般 $L_2 = 0.5L_1$ ；

H_1 ——格栅前的渠道深度，m。

5. 每日栅渣量 W

$$W = \frac{q_{v \max} \cdot W_1 \times 86400}{K_T \times 1000}$$

式中： W_1 ——栅渣量，0.01-0.1 $\text{m}^3 / (10^3 \text{m}^3 \text{污水})$ ；

K_T ——生活污水流量总变化系数。

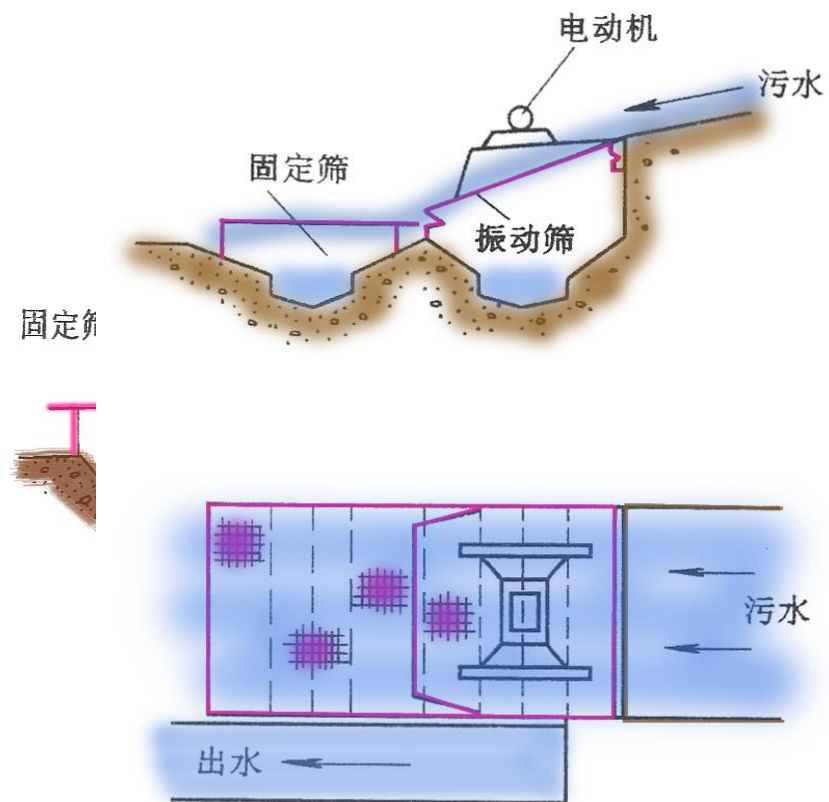
筛网（孔径小于10mm）

69

某些悬浮物用格栅不能截留，也难通过重力沉降去除，常给后续处理构筑物或设备带来麻烦，可采用筛网过滤来分离和回收。

去除对象：纺织、造纸、制革、洗毛等一些工业废水中含有细小纤维状的悬浮物质，如棉布毛、化学纤维、纸浆纤维、禽羽兽毛、藻类等稍细小的杂物和残渣。

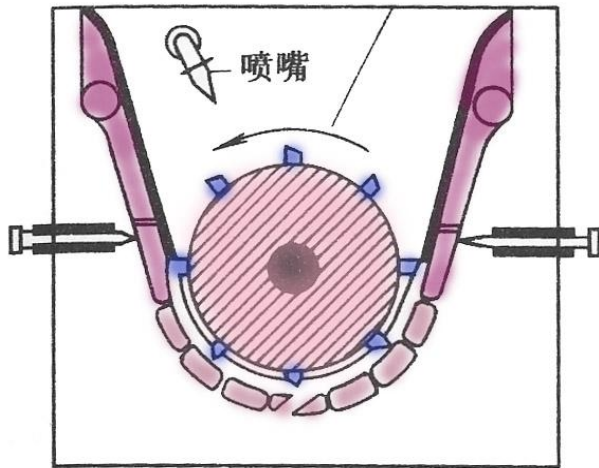
形式
水力筛网
振动筛网



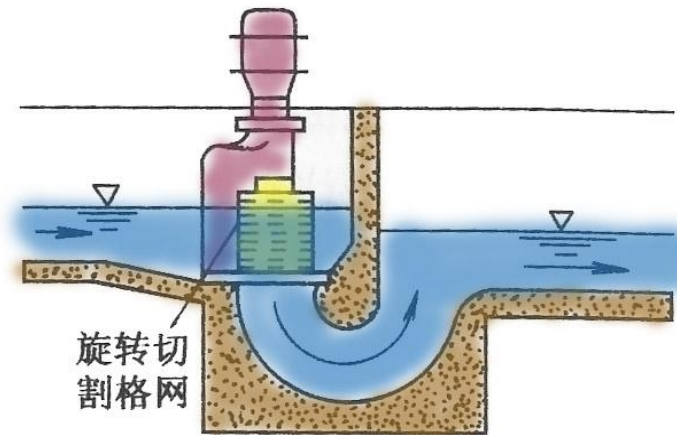
振动式筛网示意图

格栅、筛网截留的污染物的处置方法：

- ④ 填埋
- ④ 焚烧 (820°C 以上)
- ④ 堆肥
- ④ 将栅渣粉碎后再返回废水中，作为可沉固体进入初沉池



粉碎机



粉碎机

快滤池

72

滤池分类

分类方式	滤池形式
滤速大小	慢滤池、快滤池和高速滤池
滤料种类	砂滤池、煤(或无烟煤)滤池、煤-砂滤池、混合床滤池、硅藻土等
水流过过滤层的方向	上(下)流式、双向流式、辐射(水平流向)流
滤料层数	单层滤料滤池、双层滤料滤池、三层滤料滤池、混合滤料滤池
加药方式	沉淀后加药过滤、接触絮凝过滤
进出水及反冲洗水的供给和排出方式	<u>单阀式、双阀式、四阀式、虹吸式、无阀式</u>
冲洗方式	水反洗, 气、水反洗, 水反洗加表面冲洗
运行方式	间歇式、连续式
水流特性	重力流、压力流

快滤池在水处理中的作用

73

- 在给水处理中，常用过滤处理沉淀或澄清池出水，使滤后出水浑浊度满足用水要求；
- 在废水处理中，过滤常作为吸附、离子交换、膜分离法等预处理手段；
- 作为生化处理后的深度处理，使滤后水达到回用的要求。

快速滤池构造

74

快滤池本身包括五部分：

滤料层

承托层

配水系统

集水渠

洗砂排水槽

滤料

- 要求：具有较大的比表面积和一定的级配；机械强度；化学稳定性。
- 种类：石英砂、无烟煤、大理石、石榴石、白云石、聚苯乙烯发泡塑料、纤维球滤料。
- 粒径与级配：
- 滤料层规格：
- 滤料的选择：

五、吹脱技术

76

1、定义

- 定义：指当废水中有毒、有害气体在水中的浓度大于与空气相平衡时所具有的浓度时，采取向水中通入空气，使废水中的有毒、有害气体从液相向气相转移，以达到去除目的。
- 废水中有大量的无用的溶解气（ $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{S}, \text{HCN}, \text{CS}_2$ ）等，既有损于身体健康，也对管道设备有腐蚀作用，因此必须去除。

2、影响吹脱的因素

77

(1) 温度

温度高，蒸发快，有利于吹脱。

(2) 气液比

气量要适宜，气液比要接近液泛极限，设计时取80%。

(3) pH值

不同pH值，挥发物质存在状态不一样，如游离 H_2S 在硫化物中的含量百分比见下表：

表 1 H_2S 和pH的关系

pH	5	6	7	8	9	10
游离 H_2S (%)	100	95	64	15	2	0
游离 HCN(%)		99.7	99.3	93.3	58.1	12.2

(4) 油类物质

油类物质的存在不利于吹脱，气泡会粘附在上，应预先除去。

3、吹脱出气体的回收处理

80

(1) 用碱性溶液吸收

NaOH: HCN; H₂S等

(2) 用活性炭吸附

(3) 采用燃烧法

H₂S燃烧制取硫酸。

4、吹脱技术的装置

81

(1) 吹脱池

直接曝气

(2) 塔式填料装置

吹脱塔

吹脱效率高，也便于回收挥发性的气体物质。

六、高梯度磁分离技术

82

1、原理

借助于磁场作用分离不同性质的物质。

作用在磁性颗粒上的磁力，不仅正比于磁场强度，也正比于磁场梯度，而高磁场强度和高磁场梯度两者的组合能产生最大的作用磁力，这个磁力必须大于各种斥力之和（重力、阻力、摩擦力、分子间力等）

2、磁性分离设备及其发展

(1) 永磁性分离器

磁场是由永磁铁产生的。

(2) 电磁式分离器

可以产生强磁场和高梯度。

(3) 超导式磁分离器

超导体可以达到极高的电流密度，从而形成高梯度，轻便、省电、省料、不必冷却、运行费用低操作简便。

第三部分、工业废水的化学处理

84

一 中和

1. 酸碱废水的概述

□ 来源

酸性废水：化工厂、化纤厂、电镀厂、煤加工厂几
金属酸洗车间等；

碱性废水：印染厂、金属加工厂、炼油厂、造纸厂
等。

□ 处置

当酸或碱废水的浓度很高时，如在3%~5%以上
时，应考虑回用和综合利用的可能性；当浓度不高，
如小于3%时，才考虑中和处理。

2. 在工业废水处理中，中和法应用以下情况

- (1) 在废水排入水体之前，因为水生生物对pH值的变化极其敏感，当大量废水排入后使水体的pH值变得偏酸或偏碱时，会产生不良影响；
- (2) 在废水排入城市排水管道之前，由于酸、碱对排水管道产生腐蚀作用，一般城市排水管道对排入工业废水的pH值都有明确的规定；
- (3) 在废水需要进行化学或生物处理之前，对于化学处理（如混凝、除磷等），要求废水pH值升高或降低到某一需要的最佳值。对于生物处理，废水的pH值通常应维持在6.5~8.5范围内，以保证处理构筑物内的微生物维持最佳活性。

3. 中和药剂

(1) 酸性废水中和处理采用的中和药剂：石灰、石灰石、白云石、苏打、苛性钠等；碱性废水中和处理采用的中和药剂：盐酸和硫酸。

(2) 碱性中和剂的单位消耗量，参见表7

酸性中和剂的单位消耗量，参见表8

表 7 碱性中和剂的单位消耗量

酸类名称	中和1g酸所需碱性物质的量/g				
	CaO	Ca (OH) ₂	CaCO ₃	MgCO ₃	CaCO ₃ - MgCO ₃
硫酸/H ₂ SO ₄	0.571	0.755	1.02	0.86	0.94
盐酸/HCl	0.77	1.01	1.37	1.15	1.29
硝酸/HNO ₃	0.445	0.59	0.795	0.668	0.732
醋酸 /HCH ₃ COOH	0.466	0.616	0.83	0.695	

表 8 酸性中和剂的单位消耗量

碱类名称	中和1g碱所需酸性物质的量/g					
	H ₂ SO ₄		HCl		HNO ₃	
	100%	98%	100%	98%	100%	98%
NaOH	1.22	1.24	0.91	2.53	1.37	2.42
KOH	0.88	0.90	0.65	1.80	1.13	1.74
Ca(OH) ₂	0.32	1.34	0.99	2.74	1.70	2.62
NH ₃	2.88	2.93	2.12	5.90	3.71	5.70

4. 中和方法

(1) 酸性废水的中和方法有酸性废水与碱性废水相互中和、药剂中和和过滤中和3种方法；碱性废水的中和方法有碱性废水与酸性废水相互中和、投酸中和和烟道气中和3种方法。

(2) 中和方法的选择应考虑：

- ✓ 含酸或含碱废水所含酸类或碱类的性质、浓度、水量及其变化规律；
- ✓ 首先应寻找能就地取材的酸性或碱性废料，并尽可能加以利用；
- ✓ 本地区中和药剂和滤料（如石灰石、白云石等）的供应情况；
- ✓ 接纳废水水体性质、城市下水道能容纳废水的条件，后续处理（如生物处理）对pH值的要求等。

酸、碱性废水中和法

- ✓ 是将酸性废水和碱性废水共同引入中和池中，并在池内进行混合搅拌。中和结果，应该使废水呈中性或弱碱性。
- ✓ 根据质量守恒原理计算酸、碱废水的混合比例或流量，并且使实际需要量略大于计算量。
- ✓ 当酸、碱废水的流量和浓度经常变化，而且波动很大时，应该设调节池加以调节，中和反应则在中和池进行，其容积应按1.5~2.0h的废水量考虑。

药剂中和法

- ✓ 石灰作中和剂能够处理任何浓度的酸性废水；氢氧化钙对废水杂质具有混凝作用，适用于含杂质多的酸性废水。
- ✓ 最常采用的是石灰乳法。石灰不仅能够中和酸，同时还可以与废水中的金属盐类（如铁盐、铅盐、锌盐、铜盐等）生成沉淀。
- ✓ 计算中和药剂的投量时，应增加与重金属化合产生沉淀的含量。

过滤中和法

仅适用于含硫酸浓度不大于 $2\sim 3\text{g/L}$ 和生成易溶盐的各种酸性废水的中和处理。滤料常采用石灰石、白云石、大理石等。

过滤中和时，废水中不宜有浓度过高的重金属离子或惰性物质，要求重金属离子含量小于 50mg/L ，以免在滤料表面生成覆盖物，使滤料失效。

含HF的废水中和过滤时，因 CaF_2 溶解度很小，要求HF浓度小于 300mg/L 。如浓度超过限值，宜采用石灰乳进行中和。

过滤中和法的优点是操作管理简单，出水pH值较稳定，不影响环境卫生，沉渣少，一般少于废水体积的 0.1% ；缺点是进水酸的浓度受到限制。

碱性废水的中和处理

(1) 药剂中和，通常采用93%~96%的工业浓硫酸。若处理水量较小时，可用盐酸中和。在投加酸之前，一般先将酸稀释成10%左右，然后按设计要求的投量经计量泵计量后加入。酸稀释时应考虑腐蚀。

(2) 烟道气中和。烟道气中含有 CO_2 和 SO_2 ，溶于水中形成 H_2CO_3 、 H_2SO_3 ，可中和碱性废水。用烟道气中和的方法有两种，一是将碱性废水作为湿式除尘器的喷淋水，另一种是使烟道气通过碱性废水。

优点：处理效果良好；以废治废；经济

缺点：会使处理后的废水中悬浮物含量增加，硫化物和色度增加。

5 中和设备和装置

(1) 酸碱废水相互中和的设施

- ✓ 当水质水量变化较小，或废水缓冲能力较大时，可不单独设中和池，而在集水井或管道内进行连续流式混合；
- ✓ 当水质水量变化不大，废水也有一定缓冲能力时，应单设连续流式中和池；
- ✓ 当水质水量变化较大，且水量较小时，应采用间歇流式中和池。每池的有效容积可按废水排放周期中的废水量计算。一般至少设两座，以便交替使用。

(2) 药剂中和处理设备设施

中和剂制备设施，投药有干投、湿投两种方法。

(3) 过滤中和法的设备设施

- ✓ 普通中和滤池：由于滤速低（小于 1.4MM/S ），滤料粒径大（ $3\sim 8\text{CM}$ ），当进水硫酸浓度较大时，极易在滤料表面结垢而且不宜冲掉，阻碍中和反应。目前已很少采用。
- ✓ 升流式膨胀中和滤池：高流速（ $8.3\sim 19.4\text{MM/S}$ ），小粒径（ $0.5\sim 3\text{MM}$ ），水流由下向上流动，加上产生的 CO_2 气体的作用，使滤料相互碰撞摩擦，表面不断更新，处理效果好。分为：
 - 恒速滤；
 - 变速滤；
 - 滚筒过滤。

二、化学沉淀

1. 概述

向废水中投加某种化学物质，使它和水中某些溶解物质产生反应，生成难溶于水的盐类沉淀下来，从而降低水中这些溶解物质的含量。这种方法称为水处理中的化学沉淀法。

化学沉淀法经常用于处理含汞、铅、铜、锌、六价铬、硫、氟、氯、砷等有毒化合物的废水。

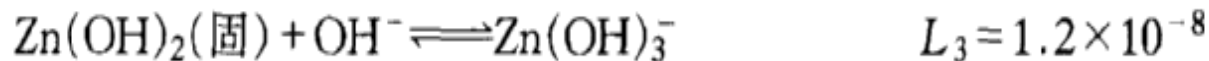
根据使用的沉淀剂的不同，通常使用的化学沉淀法主要有氢氧化物沉淀法、硫化物沉淀法、碳酸盐沉淀法和钡盐沉淀法等。

2 氢氧化物沉淀法

采用氢氧化物作沉淀剂使工业废水中的许多重金属离子生成氢氧化物沉淀而得以去除，这种方法一般称作氢氧化物沉淀法。

氢氧化物沉淀与pH值有很大的关系，金属氢氧化物的生成条件和存在状态与溶液的pH值有直接关系。

此外，有些金属如 Zn、Pb、Cr、Al等的氢氧化物为两性化合物，如 pH值过高，它们会重新溶解。如：



3 硫化物沉淀法

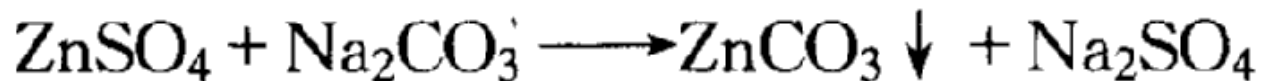
- ✓ 工业废水中的许多重金属离子可以形成硫化物沉淀而得以去除。由于大多数金属硫化物的溶解度一般比其氢氧化物的要小得多，采用硫化物可使重金属得到较完全的去除。
- ✓ 硫化物沉淀法常用的沉淀剂有硫化氢、硫化钠、硫化钾等。
- ✓ 重金属离子的浓度和pH有关，随着pH值增加而降低。虽然硫化物法比氢氧化物法可更完全地去除重金属离子，但是由于它的处理费用较高，硫化物沉淀困难，常常需要投加凝聚剂以加强去除效果，因此，采用得并不广泛，有时仅作为氢氧化物沉淀法的补充方法使用。此外，在使用过程中还应注意避免造成硫化物的二次污染问题。

4 碳酸盐沉淀法

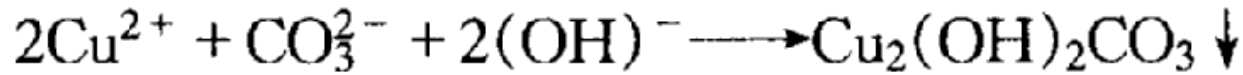
金属离子的碳酸盐的溶度积很小，对于高浓度的重金属废水，可以用投加碳酸钠的方法加以回收。

如：

- ①含锌废水：某些化工厂排出的废水中含锌离子，若不进行处理将污染环境。用碳酸钠与之反应，生成碳酸锌沉淀。沉渣用清水漂洗后，再经真空抽滤筒抽干，可以回收或回用生产。其化学反应如下：

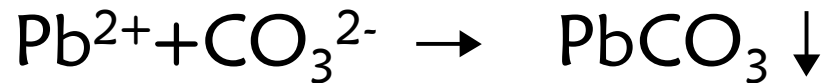


②含铜废水：某些含铜工业废水也可以采用碳酸盐沉淀法回收，对于其沉淀下来的铜，一般还应进一步回收利用。



③含铅废水：对于某些含铅工业废水利用碳酸盐沉淀法处理，对于其沉淀下来的废渣，应该送固体废物处理中心或在本单位进行无害化处理，以保证不对环境造成二次污染。

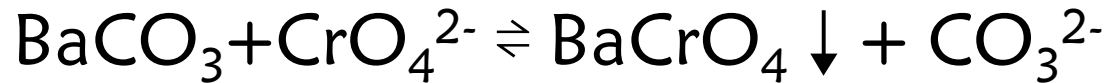
反应式为：



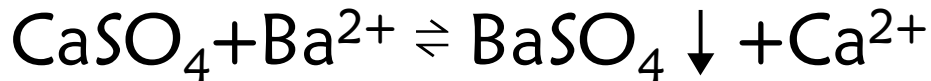
5 钡盐沉淀法

- ✓ 主要用于处理含六价铬的废水。
- ✓ 沉淀剂：碳酸钡、氯化钡、硝酸钡、氢氧化钡等。

以碳酸钡为例：



- ✓ 为了提高除铬效果，应投加过量的碳酸钡，反应时间应保持25—30min。投加过量的碳酸钡会使出水中含有一定数量的残钡。在回用前可用石膏法去除：



6 铁氧化物沉淀法

废水+硫酸亚铁+碱 → 铁氧化物晶粒

三、药剂氧化还原

103

1 概述

- 定义：利用溶解于废水中的有毒物质，在氧化还原反应中能被氧化或还原的性质，把它转化为无毒无害的新物质的方法。
- 目的：剧毒或有毒 → 无毒、低毒
- 常用的氧化剂：空气中的氧、纯氧、臭氧、氯气、漂白粉、次氯酸钠、三氯化铁等；
- 常用的还原剂：硫酸亚铁、亚硫酸盐、氯化亚铁、铁屑、锌粉、二氧化硫、硼氢化钠等。

2 药剂氧化法

- 定义：向废水中投加氧化剂，氧化废水中的有毒有害物质，使其转变为无毒无害的或毒性小的新物质的方法。
- 作用：主要去除废水中的氰化物、硫化物、酸、醇、油类污染物及脱色、脱嗅、杀菌等。

例：含氰废水时，氰化钠、氰化钾易析出 CN^- （剧毒）加入氧化剂后转化为络合物，不易析出 CN^- ，表现为较低的毒性。

3 药剂还原法

- 定义：向废水中投加还原剂，氧化废水中的有毒有害物质，使其转变为无毒无害的或毒性小的新物质的方法。
- 作用：主要处理含铬、含汞废水。

例：硫酸亚铁石灰法除铬

废水中的六价铬主要以两种形式存在：

铬酸根 CrO_4^{2-} 和重铬酸根 CrO_7^{2-}

在水中： $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CrO}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

$\text{pH} \leq 4$ 时，主要以 CrO_7^{2-} 存在

投加硫酸亚铁时： $\text{Cr}^{6+} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ （还原） $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ （氧化）

再投加石灰，使 pH 为7.5~9.0

可以生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$

三、臭氧氧化

106

1、臭氧性质

- ✓ 氧化能力：强氧化剂，仅次于氟，比氧、氯都高。
- ✓ 溶解度：与压力成正比（符合亨利定律）。
- ✓ 分解：在空气中会自行分解。
- ✓ 毒性和腐蚀性：除金和铂外所有金属都有腐蚀性。
但不含碳的铬铁合金不受腐蚀，用来制造设备。

2、臭氧的制备

无声放电；放射法；紫外线辐射法；等离子射流法。

3、臭氧接触反应设备

一般根据臭氧化空气与水的接触方式分为：

气泡式（应用较多）；水膜式；水滴式

4、尾气处理

活性炭法： $2C + O_3 \rightarrow CO_2 + CO$

药剂法：亚铁盐等使其还原；氢氧化钠使其分解

燃烧法：在 $3000^{\circ}C$ 以上立即分解。

5、具体应用

印染废水处理：主要脱色。

含氰废水处理；

含酚废水处理。

6、优缺点：

优点 (1) 对除臭、脱色、杀菌去除有机物和无机物有显著效果。

(2) 不产生二次污染。

(3) 制备臭氧的电和空气不需储存和运输

(4) 不产生污泥。

缺点：造价高，处理成本高。

四、二氧化氯氧化法

109

- 1、性质：黄色略带辛辣的气体。在水溶液中无害，具有强大的脱色和漂白功能。
- 2、作用：主要杀菌，常用于医院废水处理，（最早用液氯，现用二氧化氯替代）
- 3、制造：用氯或盐酸与次氯酸钠反应制造；
二氧化氯协同发生器。

五、光氧化法

110

是工业废水处理的高新技术，可以解决有毒害但无法生物降解的物质。

类型：

(1) 光激化氧化法

以臭氧、过氧化氢、氧和空气作为氧化剂，将氧化作用和光化学辐射相结合，产生氧化能力很强的自由基。

(2) 光催化氧化法

在水溶液中加入一定量的半导体催化剂，在紫外线辐射下产生强氧化能力的自由基。

六、电解法

111

1、定义

利用电解的原理，使污染物质在电解过程中沉积于电极表面或沉淀下来或生成气体来处理废水的方法叫电解法。

2、电解槽的结构形式

(1)回流式

优点：水流沿极板折流前进，流程长，有利于离子扩散，电解槽容积利用率高。

缺点：施工和检修困难。

(2)翻腾式

极板悬挂，水流顺着板面前进，减少漏电。

3、电解处理法的作用

(1) 氧化作用

电解产生 O_2 ，可以对氧化有机物和无机物。

(2) 还原作用

电解产生 H_2 ，可以还原某些物质，如脱色。

(3) 混凝作用

失去电子的金属离子易水解生成羟基络合物。

(4) 浮选作用

产生气体，以微气泡形式逸出，使杂质上浮。

第四部分、工业废水的物理化学处理

113

一、 混凝

1 概述

□ 1637年，我国开始使用明矾净水，1884年，西方才开始使用

□ 混凝可去除的颗粒大小为胶体及部分细小的悬浮物。

主要去除对象：粘土 (50nm-4 μm)

细菌 (0.2 μm -80 μm)

病毒 (10nm-300nm)

蛋白质 (1nm-50nm)

□ 混凝目的：投加混凝剂使胶体脱稳，相互凝聚生长成大矾花。

□ 混凝过程涉及到三个方面的问题：水中胶体的性质；混凝剂在水中的水解；胶体与混凝剂的相互作用

2、胶体的性质

(1) 稳定性

动力学稳定性：布朗运动强，对抗重力影响的能力强

聚集稳定性：胶体带电相斥

其中聚集稳定性对胶体稳定性的影响起到关键的作用。

(2) 胶体的双电层结构

胶核表面有负电荷，可吸附水中的正离子，与之平衡。在靠近胶核表面的一层内，因吸力较大正电离子紧密地吸附在胶核表面上，故称为**吸附层**。厚度较薄较固定，不随外界的条件（水温）变化而变化。

在吸附层之外，还有一层正电离子，在此范围内静电吸力因屏蔽作用而减弱，且受水分子热运动的干扰，鼓层内的正电离子与胶核的结合力较为松弛，离子扩散游动在吸附层之外，称为**扩散层**。

3 混凝的机理

混凝：包括凝聚（Coagulation）、絮凝（Flocculation）

几种作用机理：

(1)、压缩双电层：

压缩双电层—— ζ 电位 \downarrow ——稳定性 \downarrow ——凝聚

(2)、电性中和，又称吸附—电性中和

这种现象在水处理中出现的较多。指胶核表面直接吸附带异号电荷的聚合离子、高分子物质、胶粒等，来降低 ζ 电位。

(3)、网捕或卷扫

金属氢氧化物在形成过程中对胶粒的网捕

根据以上机理，可以解释在不同pH条件下，铝盐可能产生的混凝机理。

pH<3 简单的水合铝离子起压缩双电层作用

pH=4~5 多核羟基络合物起吸附电性中和

pH=6.5~7.5 氢氧化铝起吸附架桥

4 混凝影响因素

主要因素：废水的胶体杂质浓度、pH值、水温及共存杂质等。

(1) 水温

低温，混凝效果差，原因是因为：无机盐水解吸热；温度降低，粘度升高——布朗运动减弱；胶体颗粒水化作用增强，妨碍凝聚

对策：提高投药量、添加高分子助凝剂

(2) pH及碱度

视混凝剂品种而异。

无机盐水解，造成pH下降，影响水解产物形态。

根据水质、去除对象，最佳pH范围也不同。

需碱度来调整pH，碱度不够时需要投加石灰。

(3) 水中浊度物质的组成与特性

从对混凝效果的影响看，浊度物质有三种性质指标：

A、电动电位

夏秋时，浊度物质的电动电位比冬季要低。

故在冬季时要多投加混凝剂或加助凝剂。

B、粒径及其分布

粒径较大且分布较为均匀，不利于颗粒的凝聚和沉降接触，反之有利于混凝。

C、吸附容量

代表一定重量的颗粒表面所吸附的阳离子总量。吸附量大，表明胶粒扩散层中离子数量多。为取得较好的混凝效果，需要更多的絮凝剂，才能提供较多的高价阳离子，使粒子充分脱稳。

5 混凝剂和助凝剂

(1)、混凝剂：不少于200~300种。

无机：

铝系：适宜pH：5.5~8；硫酸铝，明矾，聚合氯化铝（PAC），聚合硫酸铝（PAS）

铁系：适宜pH：5~11，但腐蚀性强；三氯化铁，硫酸亚铁，硫酸铁（国内生产少），聚合硫酸铁，聚合氯化铁

有机：

人工合成：阳离子型：含氨基、亚氨基的聚合物，国外开始增多，国内尚少；阴离子型：水解聚丙烯酰胺（HPAM）；非离子型：聚丙烯酰胺（PAM），聚氧化乙烯（PEO）；两性型：使用极少。

天然：淀粉、动物胶、树胶、甲壳素等；微生物絮凝剂

发展方向：

复合型无机或有机高分子絮凝剂：

如铁铝复合、聚合铝硅/铁硅、无机-有机复合

高分子絮凝剂：

阳离子有机化合物

天然改性高分子絮凝剂：无毒易降解，如甲壳素等

多功能絮凝剂：絮凝、缓蚀阻垢、杀菌灭藻

微生物絮凝剂

(2) 助凝剂

可以参加混凝，也可不参加混凝。

- a. 酸碱类：调整水的pH，如石灰、硫酸等
- b. 加大矾花的粒度和结实性：如活化硅酸 ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)、骨胶、高分子絮凝剂
- c. 氧化剂类：破坏干扰混凝的物质，如有机物。如投加 Cl_2 、 O_3 等

6 混凝设备

(1) 混凝剂的配制与投配

一般采用液体投加的方式。

(2) 混合设备

水泵混合：投药投加在水泵吸水口或管上。

管式混合：管式静态混合器、扩散混合器，混合时间2~3秒

机械混合：搅拌

(3) 絮凝设备

隔板絮凝池；

折板絮凝池；

机械絮凝池；

悬流、迷宫式等不同形式的组合。

7 工业废水处理中混凝的应用

给水中，以地表水为水源时应用较多，主要去除浊度和细菌。经混凝沉淀后浊度一般小于10度。

- ◆ 印染废水处理：适用于含颜料、分散染料、水溶性分子量较大的等染料废水处理。可以单独用无机混凝剂，也可和有机高分子絮凝剂联用。
- ◆ 含油废水处理：乳化油颗粒小、表面带电荷，加混凝剂，压缩双电层。通常采用混凝气浮工艺。
- ◆ 肉类加工厂废水处理：

混凝优点：上马快、投资省、效果好，但运转费高，沉渣多

二 气 浮

124

水和废水的浮上法处理是将空气以微小气泡形式通入水中，使微小气泡与在水中悬浮的颗粒粘附，形成水-气-颗粒三相混合体系，颗粒粘附上气泡后，密度小于水即上浮水面，从水中分离，形成浮渣层。

污水处理技术中，浮上法固-液或液-液分离技术应用的几方面：

- 石油、化工及机械制造业中的含油污水的油水分离；
- 工业废水处理；
- 污水中 useful 物质的回收；
- 取代二次沉淀池，特别是用于易产生活性污泥膨胀的情况；
- 剩余活性污泥的浓缩。

一) 气浮机理

126

浮上法处理工艺必须满足下述基本条件：

- 必须向水中提供足够量的细微气泡；
- 必须使污水中的污染物质能形成悬浮状态；
- 必须使气泡与悬浮的物质产生粘附作用。

- 气泡能否与悬浮颗粒发生有效附着主要取决于颗粒的表面性质。
- 憎水性强（称憎水性物质），易与气泡粘附，宜用气浮法去除。
- 若要用气浮法分离亲水性颗粒（如纸浆纤维、煤粒、重金属离子等），就必须投加合适的药剂，以改变颗粒的表面性质，这种药剂通常称为**浮选剂**。
- 浮选剂大多数由极性-非极性分子所组成，其极性端含有-OH，-COOH，-SO₃H，-NH₂，≡N等亲水基团，而非极性端主要是烃链。

二) 气浮分类

128

按生产细微气泡的方法分

分散空气浮上法

电解浮上法

溶解空气浮上法

微气泡曝
气浮上法

剪切气泡
浮上法

真空
浮上法

加压溶气
浮上法

三) 气浮法在废水处理中的应用

129

- 含油废水（石油化工、机械加工、食品工业废水等）：悬浮油（ $>10\mu$, 隔油池）；乳化油（ $<10\mu$, 一般 $0.1-2\mu$ 气浮）溶解性。
- 造纸厂白水回收纤维；
- 染色废水等
- 毛纺工业洗毛废水——羊毛脂及洗涤剂
- 浓缩污泥（效果比沉淀法高）

三、吸 附

130

水处理的吸附法是指利用具有吸附能力的多孔性物质去除水体中微量溶解性杂质的一种处理工艺。

1. 概述

- 吸附法是指水中的一种或多种物质被吸附在固体表面（吸附剂）而被去除的方法。
- 吸附是一种或几种物质（称为吸附质）在另一种物质（称为吸附剂）表面上自动发生变化（累积或浓集）的过程。
- 是一种相界面上的反应。可以发生在气-液界面、气-固、液-固。
- 在水处理中，主要讨论的是液-固界面。

固相物质：吸附剂，一般为多孔性物质

液相中被吸附物质：吸附质

2.类型:

根据吸附剂表面吸附力的不同，吸附可分为以下三种类型：

1) 物理吸附：

分子间的作用力所引起的。

- ✓ 吸附热较小，可在低温下进行。
- ✓ 过程是可逆的，易解吸
- ✓ 相对没有选择性。分子量越大，吸附量越大。
- ✓ 可形成单分子吸附层或多分子吸附层

2) 化学吸附

由化学键力引起的——产生化学反应。

如石灰吸附 $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$

- 吸附热大，一般在较高温下进行。
- 具有选择性，单分子层吸附
- 化学键力大时，吸附不可逆。

3) 离子交换吸附

静电引力

吸附质的离子→吸附剂表面的带电点上，同时吸附剂也放出一个等当量离子。

- 离子电荷越多，吸附越强。
- 离子水化半径越小，越易被吸附。

实际过程中物理和化学吸附是主要的，比较如下：

吸附性能	物理吸附	化学吸附
作用力	分子引力（范德华力）	剩余化学键力
选择性	没有选择性	有选择性
吸附层	单分子或多分子吸附层	只能形成单分子吸附层
吸附热	较小， $\leq 41.9\text{kJ/mol}$	较大，相当于化学反应热， $83.7-418.7\text{kJ/mol}$
吸附速度	快，几乎不要活化能	较慢，需要活化能
温度	放热过程，低温有利于吸附	温度升高，吸附速度增加
可逆性	可逆，较易解析	化学键大时，吸附不可逆

3. 吸附剂

具有一定吸附能力的多孔物质都可以作吸附剂。
有活性炭、活化煤、焦炭、煤渣。

活性炭的特点

- A、具有良好的吸附性能和化学稳定性
- B、能耐酸碱
- C、能经受水浸、高温、高压作用
- D、不易破碎，气流阻力小
- E、粉状活性炭制造容易、成本低，但不易再生；
粒状活性炭成本较高，但操作管理和再生容易。

4.影响吸附的因素

主要有内因和外因两个方面：

1) 内因

A、吸附剂的性质：种类；比表面积；表面能；表面化学特性；孔隙尺寸等

B、吸附质的性质：溶解度；极性；分子量；溶质浓度；空间结构等

2) 外因

A、环境条件：pH值；温度；共存物质；压力；协同作用

B、运行条件：运行方法；接触时间；水力条件等。

5. 吸附操作方式

静态：搅拌→平衡→沉淀（过滤等）

动态：应用多，

1)、 吸附设备：

固定床：

移动床：可充分利用吸附容量，水头损失小。

要求水中悬浮物小于30mg/l

流化床：吸附剂在塔内处于膨胀状态或硫化状态。

适合处理悬浮物较高的废水。

6 吸附剂的再生

再生：指在吸附剂本身结构不发生或极少发生变化的情况下，用某种方法将被吸附的物质，从吸附剂的细孔中除去，以达到能够重复使用的目的。

活性炭的再生：

1) 加热再生法：分为高温再生和低温再生；一般采用高温再生。

脱水（活性炭与液体分离）-干燥（100~150度）-炭化（300~700度）-活化（用蒸汽）-冷却

2) 药剂再生法：酸碱、有机溶剂

3) 化学氧化法：湿式氧化、臭氧

4) 生物再生法：利用微生物作用

7. 吸附法在废水处理中的应用

1) 活性炭对有机物的吸附

用于去除用生物或物理、化学法不能去除的微量呈溶解状态的有机物。废水中的有机物能否易被活性炭吸附，其主要影响因素有：

分子结构；界面张力（界面活性）；溶解度；离子性和极性；分子大小；pH值；浓度；温度；共存物质等。

2) 活性炭对无机物的吸附

用于去除某些金属及其化合物有很强的吸附能力。如对镉、铋、锡、汞、钴、铅、镍等都有良好的吸附能力。

第五部分、工业废水的生物处理

140

一、工业废水的生物处理概述

1. 废水生物处理的定义

是通过微生物的新陈代谢作用,将废水中有机物的一部分转化为微生物的细胞物质,另一部分转化为比较稳定的化学物质(无机物或简单有机物)的方法。

2. 生物处理的三大要素

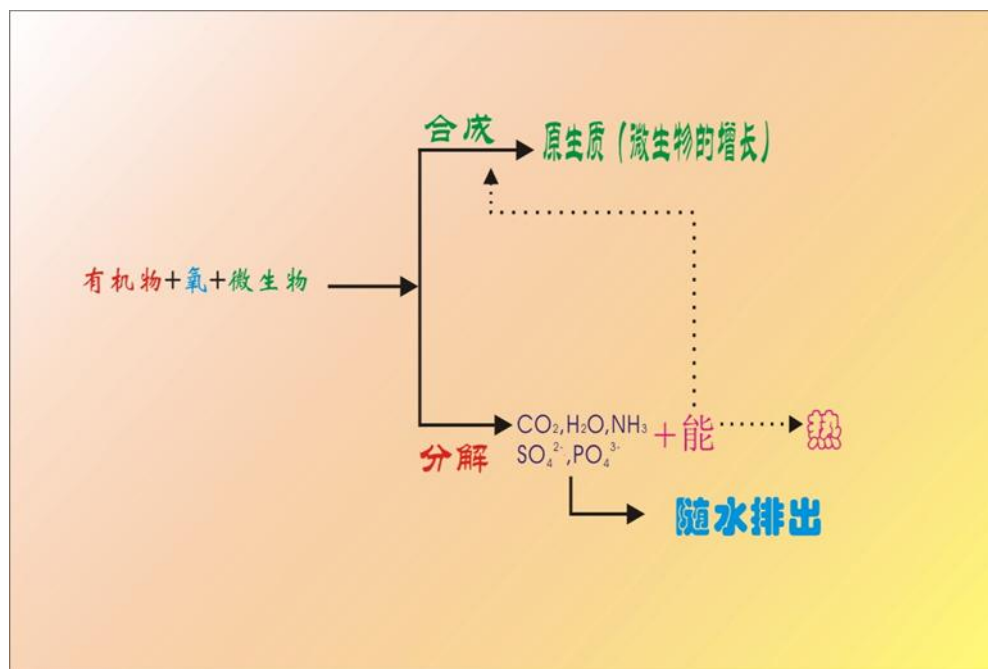
作用者：微生物——细菌；

作用对象：有机物、无机物等；

条件：最基本的条件是供氧情况，即氧的传递速率。

3. 好氧生物处理

好氧生物处理是在有游离氧（分子氧）存在的条件下，好氧微生物降解有机物，使其稳定、无害化的处理方法。微生物利用废水中存在的有机污染物（以溶解状与胶体状的为主），作为营养源进行好氧代谢。这些高能位的有机物质经过一系列的生化反应，逐级释放能量，最终以低能位的无机物质稳定下来，达到无害化的要求，以便返回自然环境或进一步处置。



④好氧生物处理的反应速度较快，所需的反应时间较短，故处理构筑物容积较小。且处理过程中散发的气味较少。所以，目前对中、低浓度的有机废水，或者说 BOD_5 浓度小于 500mg/L 的有机废水，基本上采用好氧生物处理法。

④在废水处理工程中，好氧生物处理法有活性污泥法和生物膜法两大类。

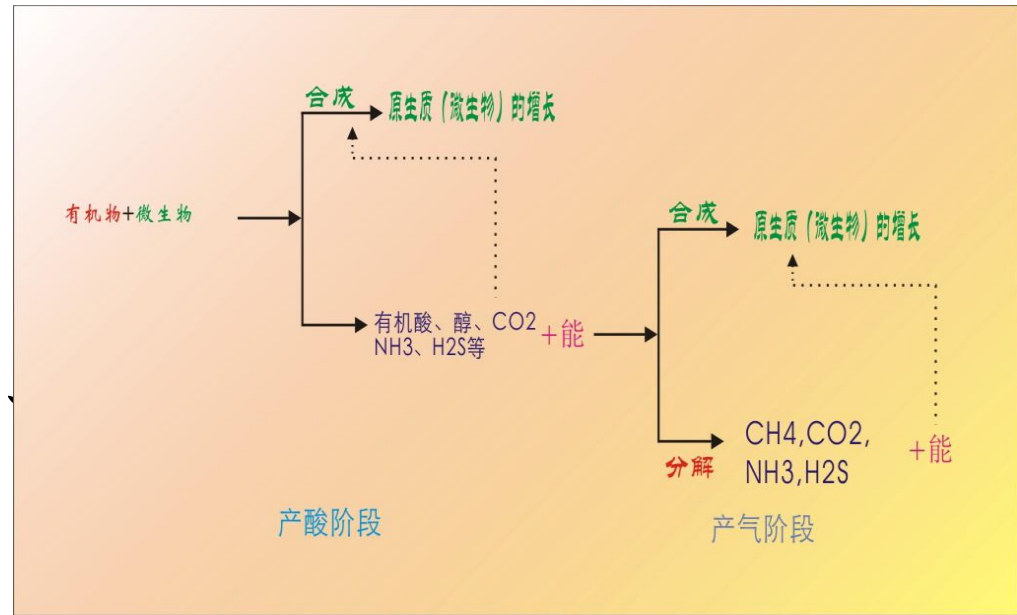
好氧生物处理方法：

1. 普通活性污泥法；
2. 延时活性污泥法；
3. 氧化沟；
4. SBR反应器；
5. 接触氧化池；
6. 生物滤池；
7. 生物转盘；
8. 好氧塘；

4 废水的厌氧生物处理

废水的厌氧生物处理是在没有游离氧存在的条件下，兼性细菌与厌氧细菌降解和稳定有机物的生物处理方法。在厌氧生物处理过程中，复杂的有机化合物被降解、转化为简单的化合物，同时释放能量。

在这个过程中，有机物的转化分为三部分进行：部分转化为 CH_4 ，这是一种可燃气体，可回收利用；还有部分被分解为 CO_2 、 H_2O 、 NH_3 、 H_2S 等无机物，并为细胞合成提供能量；少量有机物被转化、合成为新的原生质的组成部分。由于仅少量有机物用于合成，故相对于好氧生物处理法，其污泥增长率小得多。



由于废水厌氧生物处理过程不需另加氧源，故运行费用低。此外，它还具有剩余污泥量少、可回收能量（ CH_4 ）等优点。

其主要缺点是反应速度较慢，反应时间较长，处理构筑物容积大等。为维持较高的反应速度，需维持较高的温度，就要消耗能源。

有机污泥和高浓度有机废水（ $\text{BOD}_5 \geq 2000\text{mg/L}$ ）可采用厌氧生物处理法。

与好氧生物处理相比，厌氧生物处理具有以下特征：

- A、应用范围广。好氧适用低浓度废水，厌氧可直接处理高浓度废水处理。
- B、能量需求低，还可以产生能量。
- C、污泥产量极低。
- D、对水温的适应范围较为宽广。
- E、能够被降解的有机物多。
- F、厌氧处理启动时间较长。
- G、处理出水水质较差。
- H、对pH值较为敏感。
- I、处理过程机理较为复杂。它是多种不同性质的微生物协同工作的过程，远比好氧复杂。

厌氧生物处理方法：

1. 普通厌氧消化池：
2. 厌氧接触工艺：
3. 上流式厌氧污泥床反应器：
4. 厌氧生物滤池：
5. 厌氧流化床：
6. 厌氧生物转盘：

5.好氧生物处理与厌氧生物处理的区别

A.起作用的微生物群不同

B.产物不同

C.反应速率不同

D.对环境条件要求不同

6.工业废水可生化性的评价方法

1) 按微生物对有机物的降解能力和有机物对微生物的毒害或抑制作用，有机物分为：

- A. 易降解有机物，且无毒害或抑制作用；
- B. 可降解有机物，但有毒害或抑制作用；
- C. 难降解有机物，且无毒害或抑制作用；
- D. 难降解有机物，但有毒害或抑制作用。

2) 评价废水中有机物的生物降解性和毒害或抑制性的方法

A. 水质标准法：COD、BOD₅、SS等；

B. 微生物耗氧速度法：底物耗氧速度与内源呼吸耗氧速度的比值来评价有机物的可生化性；

C. 脱氢酶活性法：脱氢酶类能使被氧化有机物的氢原子活化并传递给特定的受氢体，单位时间内脱氢酶活化氢的能力表现为它的活性；

D. 有机化合物分子结构评价法：

一般地，可用 BOD_5/COD 值作为有机物生物降解性的评价指标：

BOD_5/COD	>0.45	$0.3\sim0.45$	$0.2\sim0.3$	<0.2
可生化	好	较好	较难	不宜

BOD_5/TOD (理论需氧量)

BOD_5/TOD 值	>0.4	$0.2\sim0.4$	<0.2
废水可生化性	易生化	可生化	难生化

二、好氧活性污泥法种类及工艺



1、传统活性污泥法工艺及改进

废水与回流污泥从长方形池的一端进入，另一端流出，全池呈推流型。在曝气池内，废水有机物浓度和需氧量沿池长逐步下降，而供氧量沿池长均匀分布，可能出现前段供氧不足，后段供氧过剩的现象。

优点：处理效率高，适于处理要求高而水质稳定的废水。

缺陷：(1) 对水量、水质、浓度等变化的适应件较差，不能处理毒性较大或浓度很高的废水；

(2) 单位池容积的处理能力小，占地大

(3) 动力消耗高。

渐减曝气法

这种方式是针对普通曝气法有机物浓度和需氧量沿池长减小的特点而改进的。通过合理布置曝气器，使供气量沿池长逐渐减小，与底物浓度变化相对应，见右图。这种曝气方式比均匀供气的曝气方式更为经济。

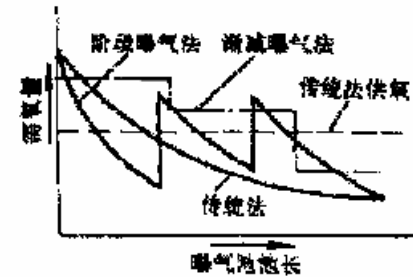


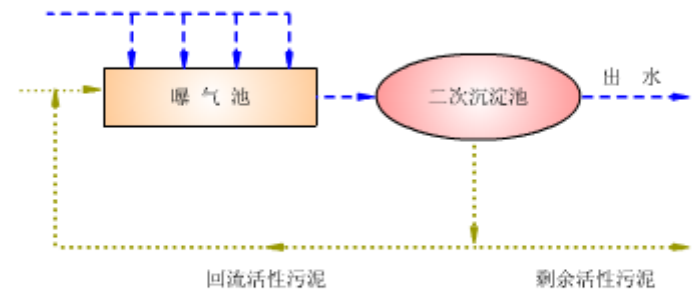
图 13-27 曝气池中需氧量示意图



图 13-28 渐减曝气法

阶段曝气法(多点进水法)

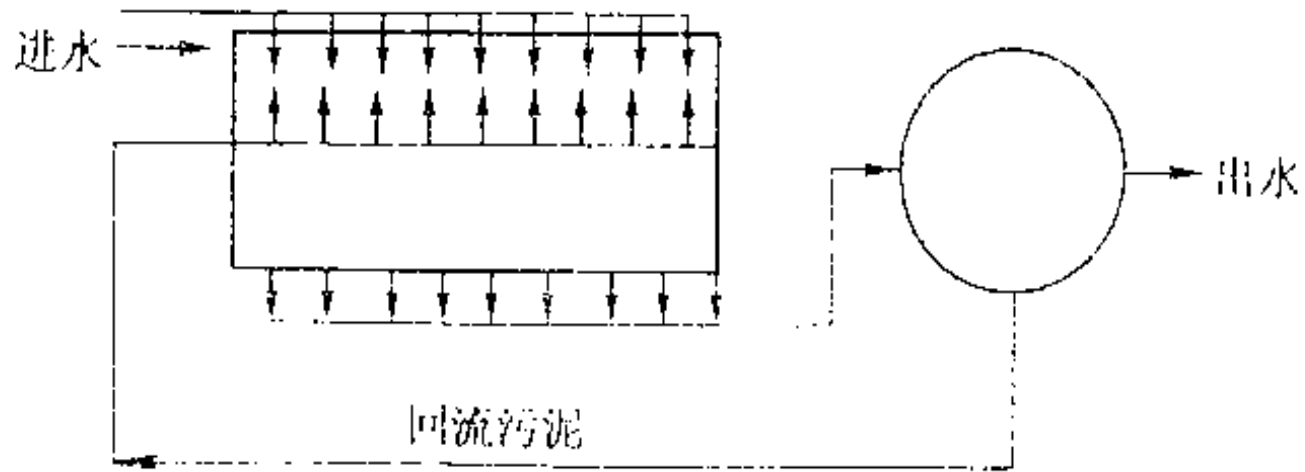
废水沿池长分多点进入(一般进口为3~4个),以均衡池内有机负荷,克服池前段缺氧不足,后段供氧过剩的缺点,单位池容积的处理能力提高。同普通曝气法相比,当处理相同废水时,所需池容积可减小30%。



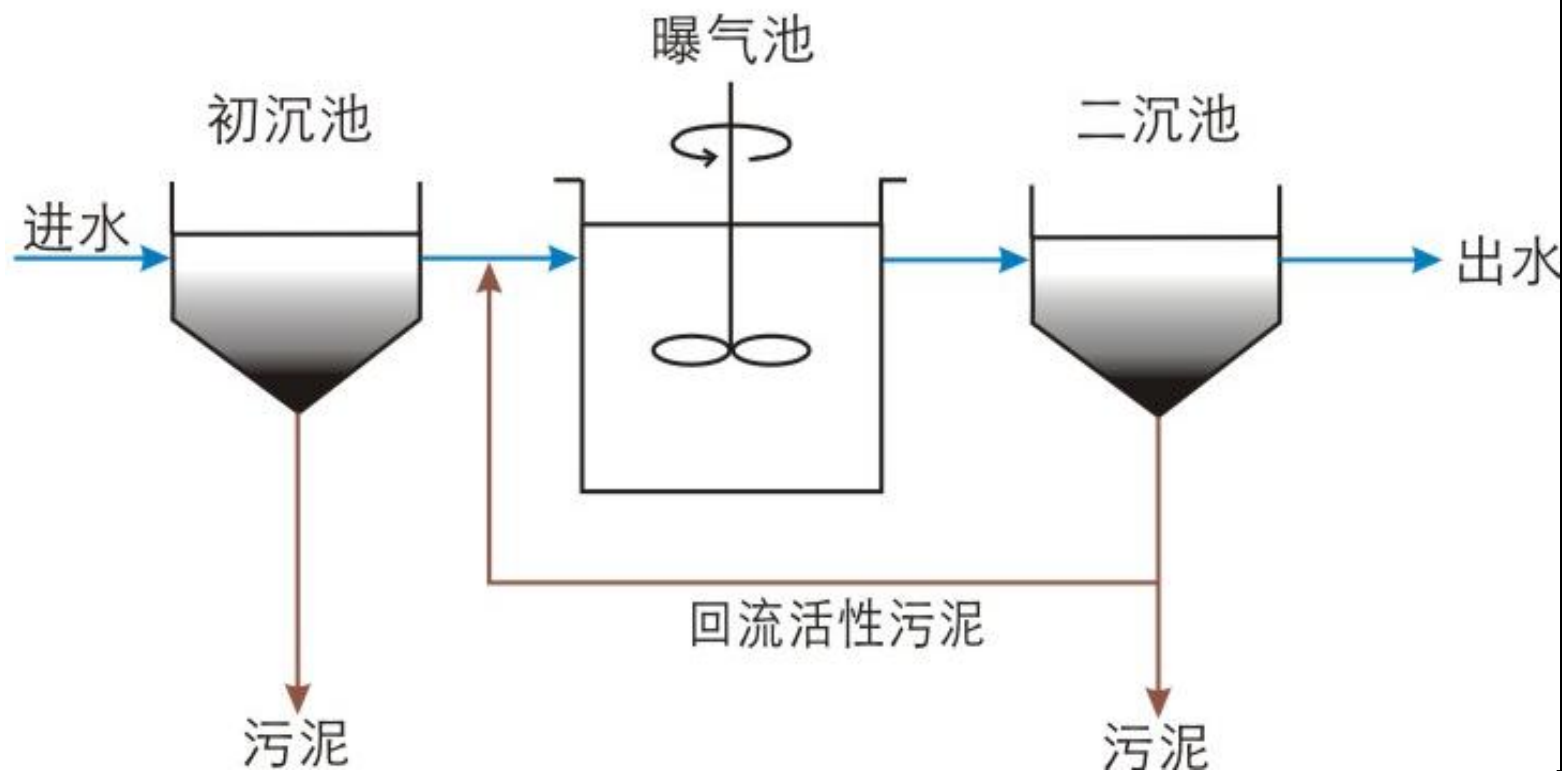
阶段曝气法

完全混合法

在分步曝气的基础上，进一步大大增加进水点，同时相应增加回流污泥并使其在曝气池中迅速混合，长条形池子中也能做到完全混合状态。



完全混合活性污泥法 (CMAS)



完全混合法的特征

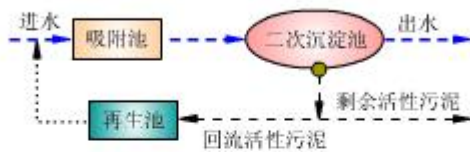
(1) 池液中各个部分的微生物种类和数量基本相同，生活环境也基本相同。

(2) 入流出现冲击负荷时，池液的组成变化也较小，因为骤然增加的负荷可为全池混合液所分担，而不是像推流中仅仅由部分回流污泥来承担。完全混合池从某种意义上讲，是一个大的缓冲器和均和池，在工业污水的处理中有一定优点。

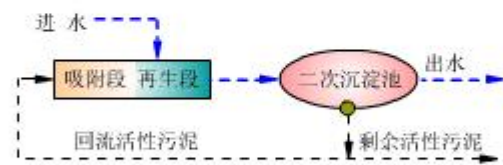
(3) 池液里各个部分的需氧量比较均匀。

2 接触稳定活性污泥法（吸附）

充分利用活性污泥的初期去除污染物的能力，**在较短的时间里通过吸附去除废水中悬浮的和胶态的有机物**，再通过液固分离，废水即获得净化， BOD_5 可去除85%~90%左右。吸附饱和的活性污泥中，一部分需要回流，引入再生池进一步氧化分解，恢复其活性；另一部分剩余污泥排入污泥处理系统。



(a) 再生段与吸附段分离

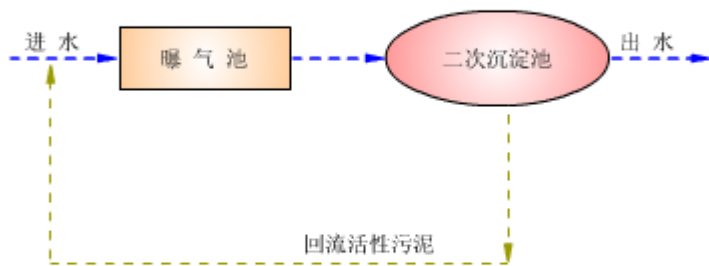


(b) 再生段与吸附段合建

生物吸附法

- 可省去初沉池直接用于原污水的处理，比用于初沉池的出流处理效果好；
- 处理效率偏低；
- 此方法剩余污泥量增加。

3、延时曝气法（完全氧化法）



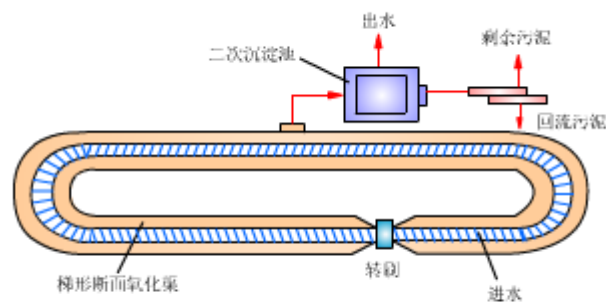
延时曝气法基本流程

延时曝气法也称完全氧化法。与普通法相比，由于采用的污泥负荷很低，约 $0.05\text{--}0.2\text{kgBOD}_5/\text{kg}\cdot\text{d}$ ，曝气约 $1\sim 3\text{d}$ ，将微生物的生长繁殖控制在内源呼吸阶段，理论上没有污泥产生。

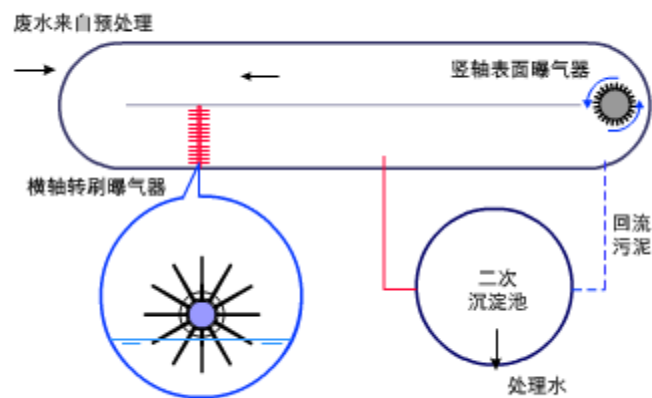
因而曝气池容积较大，处理单位废水所消耗的空气量较多，仅适用于废水流量较小的场合，或处理高浓度废水。

氧化沟是延时曝气法的一种特殊型式，最初的实用设备用于处理小城镇污水。它的平面象跑道，沟槽中设置两个曝气转刷（盘），也有用表面曝气机、射流器或提升管式曝气装置的。曝气设备工作时，推动沟液迅速流动，实现供氧和搅拌作用。

氧化沟中活性污泥停留时间较长，可使世代时间较长的硝化菌生长繁殖，故可有效地进行硝化反应。



氧化渠的典型布置



4、纯氧（或富氧）曝气法



用纯氧或富氧空气作气源曝气，显著提高了氧在水中的溶解度和传递速度，从而可以使高浓度活性污泥处于好氧状态，在污泥有机负荷相同时，曝气池容积负荷可大大提高。

随着氧浓度提高，加大了氧在污泥絮体颗粒内的渗透深度，使絮体中好氧微生物所占比例增大，污泥活性保持在较高水平上；不会发生由于缺氧而引起的丝状菌污泥膨胀；硝化菌的生长不会受到限制，有利于生物脱氮过程；系统耐负荷冲击和工作稳定性都好。

5 深井曝气法

- 利用深井作为曝气池的活性污泥法废水生物处理过程，为加压曝气
- 废水进入与回流污泥在井上部混合后，混合液沿井内中心管以1-2m/s的流速（超过气泡上升速度）向下流动。混合液到达井底后，气泡消失并折流，从中心管外面向上流动至深井顶部脱气池，混合液中的CO₂、氮气和少量未被利用的氧气逸出。部分混和液溢流至沉淀池进行泥水分离，沉淀活性污泥回流至深井，部分混合液在深井内进行循环。
- 此法可使氧的转换率和水中溶解氧浓度大幅度提高，氧的利用90%，从而可提高处理效，
- 降低处理成本，节约用地，目前在欧洲已用于处理化工、食品工业废水。一般深井曝气法适合生活污水，处理工业污水效果不好。

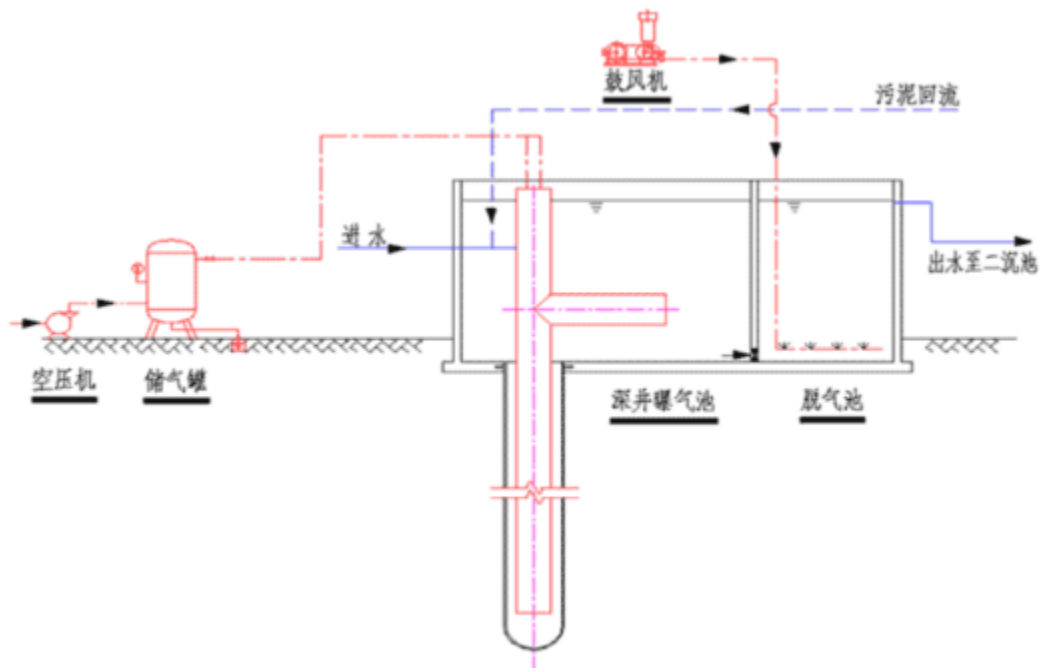
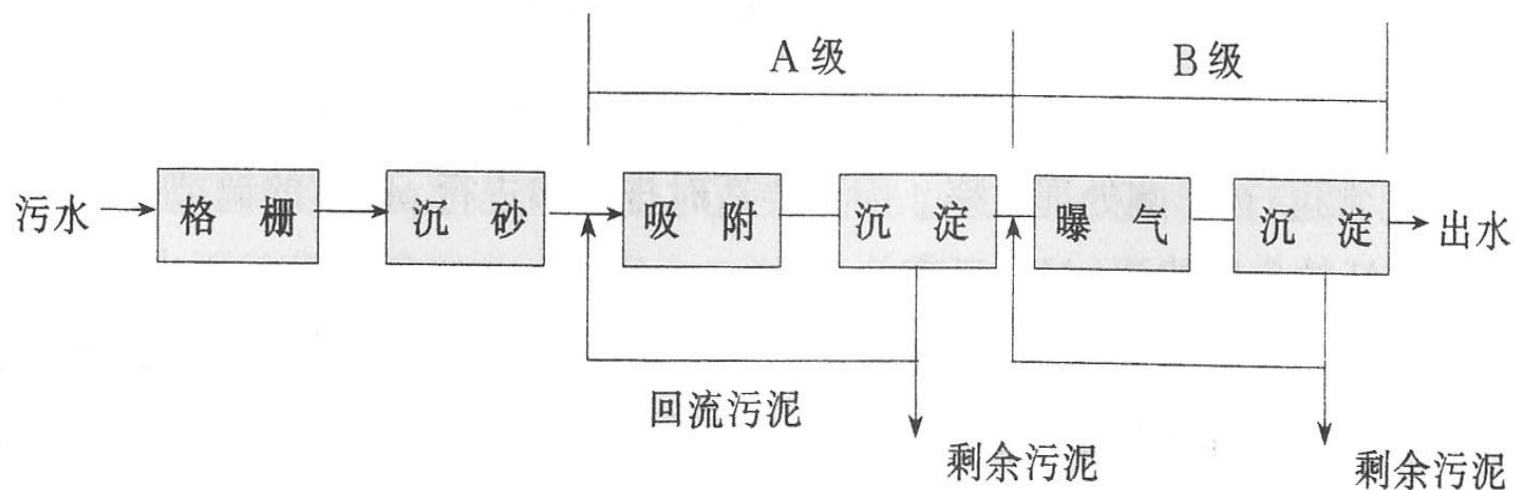


图 2 深井曝气工艺结构

6 吸附-生物降解工艺 (AB法)



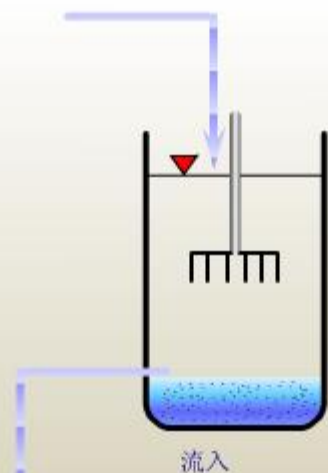
AB法工艺流程

- A级以高负荷或超高负荷运行，B级以低负荷运行，A级曝气池停留时间短，30~60min，B级停留时间2~4h。
- 该系统不设初沉池，A级曝气池是一个开放性的生物系统。A、B两级各自有独立的污泥回流系统，两级的污泥互不相混，微生物群体不同。
- 处理效果稳定，具有抗冲击负荷和pH变化的能力。该工艺还可以根据经济实力进行分期建设。

7、间歇活性污泥法 (SBR)



也称序批式活性污泥法 (SBR)，它由一个或多个SBR池组成，运行时，废水分批进入池中，依次经历5个独立阶段，即进水、反应、沉淀、排水和闲置。一个运行周期的时间依负荷及出水要求而异，一般为4~12h，其中反应占40%，有效池容积为周期内进水量与所需污泥体积之和。



SBR工艺的操作过程

东方仿真COPYRIGHT

SBR法缺点

- (1) 容积利用率低；
- (2) 出水不连续；
- (3) 运行控制复杂；
- (4) 不适用于大水量。

三 好氧活性污泥法工艺的运行与管理



1、活性污泥的培养与驯化

活性污泥的培养与驯化是活性污泥法试验和生产运行的第一步。通过培养，使微生物数量增加，达到一定的污泥浓度。驯化则是对混合微生物群进行淘汰和诱导，不能适应环境条件和所处理废水特性的微生物被抑制，具有分解废水有机物活性的微生物得到发育，并诱导出能利用废水有机物的酶体系。

根据培养和驯化的程序，有异步法和同步法两种。

2、日常管理

活性污泥系统的操作管理，核心在于维持系统中微生物、营养、供氧三者的平衡，即维持曝气池内污泥浓度、进水浓度及流量和供氧量的平衡。当其中任一项出现变动应相应调整另外二项；当出现异常情况或故障时，应判明原因并采取相应的对策，使系统处于最佳状态。

一般人工控制所需监测的项目有四项：

(1)反映活性污泥性状的项目

(2)反映活性污泥营养状况及环境条件的项目

(3)反映活性污泥处理效率的项目

(4)反映运转经济性指标的项目。

3、异常现象与控制措施

1) 污泥膨胀

主要特征：污泥结构松散，质量变轻，沉淀压缩性差；SV值增大，有时达到90%，SVI达到300以上，大量污泥流失，出水浑浊，二次沉淀池难以固液分离，回流污泥浓度低，无法维持曝气池正常工作。

污泥膨胀的成因：

A 当丝状菌生长超过菌胶团细菌时，大量的丝状菌从污泥絮体中伸出很长的菌丝体，菌丝体互相搭接，构成一个框架结构，阻碍菌胶团的絮凝和沉降，引起膨胀问题。

B 在废水水温较低而污泥负荷太高时，此时细菌吸附了大量有机物，来不及代谢，在胞外积贮大量高粘性的多糖类物质，使表面附着水大大增加，很难沉淀压缩。

采取的措施有：

- ①控制曝气量，保持溶解氧 $1\sim 4\text{mg/L}$ 。
- ②调整pH值。
- ③适量投加含N、P化合物，使 $\text{BOD}_5:\text{N}:\text{P} = 100:5:1$ 。
- ④投加一些化学药剂(如铁盐凝聚剂、有机阳离子絮凝剂、硅藻土、黄泥等惰性物质以及杀菌剂等)。
- ⑤调整污泥负荷，通常用处理后水稀释进水。
- ⑥短期内间歇曝气(闷曝)。

2) 污泥上浮

原因： (1) 污泥被破碎，沉速减小而不能下沉

(2) 污泥颗粒挟带气体或油滴，密度减小而上浮

(3) 曝气量过小，池底污泥厌氧分解，产生大量气体，促使污泥上浮。

(4) 曝气时间长或曝气量大时，在沉淀池中可能由于反硝化而产生大量 N_2 或 NH_3 ，而使污泥上浮。

(5) 废水中含油量过大时，污泥可能挟油上浮。

(6) 废水温度较高时，在沉淀池中形成温差异重流导致污泥无法下沉。

控制措施：发生污泥上浮后应暂停进水，打碎或清除浮泥，判明原因。调整操作。如污泥沉降性差，可适当投加混凝剂或惰性物质，改善沉淀性；如进水负荷过大应减小进水量或加大回流量；如污泥颗粒细小可降低曝气机转速；如发现反硝化，应减小曝气量，增大污泥回流量或排泥量；如发现行泥腐化，应加大曝气量，清除积泥，并设法改善池内水力条件。

3、泡沫问题

工业废水中常含有各种表面活性物质，在采用活性污泥法时，曝气池面常出现大量泡沫，泡沫过多时将从池面逸出，影响操作环境，带走大量污泥。当采用机械曝气时，泡沫阻隔空气，妨碍充氧。因此，应采取适当的消泡措施，主要包括表面喷淋水或除沫剂。常用除沫剂为机油、煤油、硅油等，投量为0.5~1.5mg/L。通过增加曝气池污泥浓度或适当减小曝气量，也能有效控制泡沫产生。当废水中含表面活性物质较多时，宜预先用泡沫分离法或其他方法去除。

4 污泥解体

水质混浊、絮体解散，处理效果降低既是污泥解体现象。

运行中出现这种情况的原因有：

- 污泥中毒，微生物代谢功能受到损害或消失，污泥失去净化活性和絮凝活性。多数情况下为污水事故性排放所造成，应在生产中予以克服，或局部进行预处理；
- 正常运行时，处理水量或污水浓度长期偏低，而曝气量仍为正常值，出现过度曝气，引起污泥过度自身氧化，菌胶团絮凝性能下降，污泥解体，进一步污泥可能会部分或完全失去活性。此时，应调整曝气量，或只运行部分曝气池。

四、好氧生物膜法



生物膜法和活性污泥法一样，同属好气生物处理方法。但活性污泥法是依靠曝气池中**悬浮流动着的活性污泥**来分解有机物的，而生物膜法则上要依靠**固着于载体表面的微生物膜**来净化有机物。

与活性污泥法相比，生物膜法的主要特点：

- ①对废水水质、水量变化适应性强，操作稳定性好。
- ②不会发生污泥膨胀，运转管理较方便。
- ③生物膜中的生物相丰富，且沿水流方向膜中生物种群具有一定分布。
- ④剩余污泥量较少。
- ⑤采用自然通风供氧。
- ⑥在运行方面灵活性较差。
- ⑦设备容积负荷有限，空间效率较低。

生物膜法的主要设施

生物接触氧化池

生物流化床

生物转盘

生物滤池

间歇生物滤池

普通（单层）生物滤池

塔式（多层）生物滤池